

IPC-A-600G

Критерии приемки печатных плат

(Перевод на русский язык, версия 11.2007)

Примечание: настоящий перевод распространяется только с официальной версией на английском языке. Регулирующей версией является версия на английском языке. В случае разночтений необходимо руководствоваться версией на английском языке.

Разработан рабочей группой IPC-A-600 (7-31a) Комитета по обеспечению качества (7-30) IPC

IPC-A-600G
июль 2004
Замещает IPC-A-600F
Ноябрь 1999

Стандарт разработан IPC

Перевод выполнен:
ЗАО Предприятие ОСТЕК
121467, РФ, г. Москва,
ул. Молдавская, д 5, стр.2
тел.: (495) 788-44-44
факс: (495) 788-44-42
E-mail: info@ostec-smt.ru
Интернет: www.ostec-smt.ru

Содержание

Содержание

Введение

1.1 ОБЛАСТЬ ДЕЙСТВИЯ

Настоящий документ устанавливает предпочтительные, приемлемые и недопустимые состояния визуально наблюдаемых и ненаблюдаемых характеристик печатных плат Он представляет собой сборник визуальных интерпретаций минимальных требований, изложенных в различных технических условиях на печатные платы, например; серия IPC-6010, ANSI/J-STD-003, и т.д

1.2 НАЗНАЧЕНИЕ

На иллюстрациях данного документа изображены конкретные критерии требований в соответствии с действующими техническими условиями IPC. Для того чтобы можно было правильно применять содержание этого документа, печатные узлы должны соответствовать требованиям по проектированию в соответствии с действующими документами серии IPC-2220 и требованиям к эксплуатационным характеристикам в соответствии с действующими документами серии IPC-6010. В случае если печатный узел не соответствует этим или эквивалентным требованиям, критерии приемки должны быть определены в соглашении между пользователем и поставщиком. Иллюстрации этого документа отображают конкретные критерии согласно заголовку и подзаголовку на каждой странице. Дается краткое описание критериев приемки и отбраковки для каждого класса изделий (смотрите 1.4 Классификация). Визуальные критерии приемки предназначены для использования в качестве средства для оценки видимых отклонений Рисунки и фотографии в каждой ситуации связаны с конкретными требованиями. Упоминаемые характеристики - это такие характеристики, которые можно оценить при визуальном осмотре и/или при измерении визуально оцениваемых параметров.

Вместе с соответствующими техническими условиями пользователя данный документ должен обеспечить производственный персонал и персонал ОТК эффективными визуальными критериями.

Данный документ не может охватить всех проблем надежности, возникающих в секторе производства печатных плат, поэтому о не упоминаемых здесь параметрах **должны** быть заключены отдельные соглашения между пользователем и поставщиком. Ценность данного документа заключается в возможности использования его в качестве основы Его можно модифицировать путем внесения добавлений, сокращений и исправлений, необходимых для конкретных приложений.

Настоящий документ устанавливает минимальные критерия приемки, и он не предназначен для использования в качестве технических условий для производства или поставки печатных плат

В случае возникновения противоречий между требованиями этого документа и действующих технических условий на изделие **следует** использовать следующую схему приоритетов.

a) Утвержденный документ на поставку печатных плат
b) Общие технические условия
c) Действующие эксплуатационные технические условия
d) Критерии приемки печатных плат (IPC-A-600)

При принятии решения о приемке или отбраковке следует соблюдать эту схему приоритетов документации

Данный документ является средством для наблюдения за тем, как изделие может отклоняться от эталона из-за изменений в технологическом процессе. Смотрите IPC-9191

Документ IPC-A-600 является полезным средством для понимания и интерпретации результатов технологии автоматической инспекции (AIT) AIT можно использовать для оценки многих размерных характеристик, приведенных в данном документе.

1.3 ПОДХОД ДАННОГО ДОКУМЕНТА

Все характеристики делятся на две общие группы:

- Визуально наблюдаемые (раздел 2)
- Визуально ненаблюдаемые (раздел 3)

"Визуально наблюдаемые" характеристики - это характеристики, которые можно увидеть на плате или оценить с внешней стороны платы. В некоторых случаях, например, при наличии внутренних пустот и пузырей, дефекты фактически является внутренними, т.е. визуально ненаблюдаемыми, но они могут быть обнаружены с внешней стороны платы.

"Визуально ненаблюдаемые" характеристики - это характеристики, для обнаружения и оценки которых требуется выполнять микрошлифы или другие виды подготовки образца В некоторых случаях такие дефекты могут быть заметны снаружи, но требуют микрошлифа для оценки в соответствии с критериями приемки.

При оценке образцов они должны быть освещены в степени, достаточной для эффективного исследования. Освещение должно быть таким, чтобы в исследуемой области не было никаких теней, за исключением вызванных самим образцом. Для устранения бликов при исследовании сильно отражающих материалов рекомендуется использовать поляризованный свет или темнопольное освещение.

1.4 КЛАССИФИКАЦИЯ

В данном документе признается, что критерии приемлемости для определенных параметров печатных плат могут определяться в зависимости от условий эксплуатации печатного узла у конечного пользователя По этой причине установлены три общих класса согласно функциональной надежности и эксплуатационным требованиям

Класс 1 — Электронные изделия общего назначения: Включает потребительские товары, некоторые изделия для компьютеров и периферийных устройств компьютеров, пригодные для применений, когда дефекты внешнего вида не важны и основным требованием является работа собранной печатной платы.

Класс 2 — Специальные электронные изделия Включает оборудование связи, современную оргтехнику и приборы, в которых требуется высокие эксплуатационные характеристики и длительный срок службы, и для которых бесперебойная работа желательна, но не критична Допускаются некоторые дефекты внешнего вида

Введение (продолжение)

Класс 3 — Электронные изделия высокой надежности: Включает оборудование и изделия, в которых критическим требованием является бесперебойная работа или обеспечение эксплуатационных параметров в соответствии с требованиями заказчика. Отказ оборудования не допускается Оно должно обеспечивать постоянную работоспособность, например, в системах жизнеобеспечения или в системах управления полетом Печатные платы для изделий этого класса должны быть пригодны для применений с высоким уровнем качества и надежности.

Критерии приемки в данном документе разделены таким образом, что печатная плата может оцениваться по любому из трех классов. Использование одного класса для определенной характеристики не означает, что все другие параметры должны соответствовать этому же классу Выбор необходимо выполнять по минимальным потребностям

Заказчик несет окончательную ответственность за выбор класса, по которому оценивается изделие. Таким образом, решения о приемке и/или отбраковке должны быть основаны на действующей документации, например, контрактах, документации на поставку, технических условиях, стандартах и справочных материалах.

Исключительные требования, обычно используемые для таких отраслей, как космонавтика и военная авионика, описываются в Технических условиях на эксплуатационные характеристики в IPC-6012 и обозначаются как класс 3/A, класс 3/B и т.д Объем материала IPC-A-600 не включает иллюстраций для таких исключительных требований, и пользователю предлагается заменить текст IPC-A-600 требованиями из применимых Технических условий на эксплуатационные характеристики из соответствующих разделов IPC-6012.

1.5 КРИТЕРИИ ПРИЕМКИ

Большинство включенных в этот документ иллюстраций и фотографий представляют три уровня качества для каждого конкретного параметра, т.е. предпочтительно, приемлемо и недопустимо.

Соответствующее пояснение на каждом уровне устанавливает "критерии приемки" для каждого класса изделий

Уровень ***Предпочтительно*** устанавливает желательный внешний вид. Данное состояние может не являться обязательным для гарантии надежности платы при эксплуатации.

Уровень ***Приемлемо*** показывает, что данное состояние, хотя и не является идеальным, все же обеспечивает целостность и надежность платы при ее эксплуатации. Условие приемки считается приемлемым, по крайней мере, для одного или нескольких классов, но может не быть приемлемым одновременно для всех классов, как указано в соответствующем пояснении

Уровень ***Недопустимо*** показывает, что данное состояние может быть критичным для обеспечения надежности платы при ее эксплуатации Данный уровень считается неприемлемым, по крайней мере, для одного или нескольких классов изделий, но может быть приемлемым для других классов, как указано в соответствующем пояснении

Приведенные здесь желаемые, приемлемые и недопустимые условия и соответствующие критерии приемки предназначены для представления типичных ситуаций в отрасли. Требования к конструкции отдельных изделий могут отклоняться от этих критериев.

Показанные на фотографиях и/или иллюстрациях примеры иногда специально утрированы, чтобы сделать соответствующий дефект более явным. Необходимо подчеркнуть, что пояснения и примеры на фотографиях не всегда эквивалентны по той причине, что подборка большого количества конкретных примеров, точно соответствующих критерию приемки, вызывает существенные затруднения. Если содержащиеся в этом стандарте фотографии или иллюстрации не соответствуют описанию в пояснении, то наивысший приоритет имеет пояснение и нужно следовать именно его указаниям.

Следует также отметить, что на некоторых приведенных фотографиях может быть показано более одного критерия приемки. Необходимо, чтобы пользователи данного документа уделяли особое внимание теме каждого раздела во избежание неверных интерпретаций.

Следует иметь в виду, что заключение о недопустимости какого-либо параметра с определенным значением означает, что меньшие значения величины данного параметра считаются приемлемыми. Т.е. если критерий указывает, например, что условием недопустимости являет точечная коррозия на 50% поверхности, то это значит что любая доля поверхности с точечной коррозией, меньше чем 50%, является допустимой (приемлемой) для приемки по этой характеристики в данном классе.

Очевидно, что несоответствие для класса 1 означает несоответствие для классов 2 и 3 и аналогично несоответствие для класса 2 означает несоответствие для класса 3.

Контролер **не должен** выбирать, к какому классу принадлежит проверяемая деталь. При принятии решения о приемке и/или отбраковке необходимо учесть приоритет документации, т.е. обычно контракт, документация на поставку, технические условия и справочные документы

Во всех случаях контролеру должны быть доступны документы, определяющие класс проверяемой детали.

Связанные с этим документом процедуры и требования к проведению визуального контроля **должны** соответствовать требованиям действующих эксплуатационных технических условий.

В случае появления противоречия **нужно** использовать следующую схему приоритета:

1 Документация на поставку.

2 Документация на поставку с учетом частных технических условий заказчиков.

Введение (продолжение)

3. Другая документация, указанная заказчиком
4. Эксплуатационные технические условия для конечного изделия, например, серии IPC-6010, если затребовано заказчиком
5. Данный документ о критериях приемки.

Печатные платы должны иметь одинаковое качество и **должны** соответствовать требованиям серии IPC-6010.

Документы серии IPC-6010 устанавливают минимальные критерии приемки для печатных плат Данный документ, IPC-A-600, является сопроводительным и дополнительным документом, в котором приведены иллюстрации для интерпретации этих требований.

IPC-A-600 можно использовать как справочный материал при контроле В нем не указана периодичность контроля в технологическом процессе и периодичность контроля готовых изделий Также не указано допустимое число индикаторов процесса или количество разрешенных исправлений/ремонтов указанных дефектов

Визуальный контроль для соответствующих параметров **должен** проводиться оптическим прибором с оптической силой 3 диоптрии (примерно 1 75X). Если критерий приемки для предполагаемого дефекта неочевиден, то следует последовательно увеличивать увеличение (вплоть до 40X) для подтверждения дефекта. Для измерений размеров, например, расстояния между проводниками или ширины проводников могут потребоваться другие увеличения и приборы с сетками или шкалами, которые позволяют точно измерить указанные размеры Контракт или технические условия могут потребовать других значений увеличения

Металлизированные отверстия **должны** быть проконтролированы изнутри на предмет целостности фольги и слоя металлизации при увеличении 100X Арбитражный контроль **должен** выполняться при увеличении 200X.

Для оценки многих размерных характеристик, приведенных в данном документе, можно использовать результаты автоматической инспекции (AIT).

1.6 ДЕЙСТВУЮЩИЕ ДОКУМЕНТЫ[1]

Перечисленные ниже документы составляют часть настоящего документа в оговоренном здесь объеме Следующая редакция документа, действующая в момент проверки, **должна** иметь старший приоритет

J-STD-003 "Контроль паяемости печатных плат"

IPC-T-50 "Термины и определения по монтажу и конструированию электронных сборок"

IPC-TM-650 "Руководство по выбору методов контроля печатных плат"[2]

2.1 1E	05/04	"Микрошлиф"
2 1 1.2A	05/04	"Микрошлиф, полу- или автоматическое оборудование для метода микрошлифа (альтернативный)"
2.2.2	08/97	"Проверка размеров оптическим методом"
2 2.7A	05/86	"Измерение размеров металлизированных отверстий"
2.3.25C	02/01	"Обнаружение и измерение ионизируемых загрязнителей поверхности"
2.3.26B	08/97	"Обнаружение ионизируемых загрязнителей поверхности (динамический метод)"
2.4.1E	05/04	"Адгезия, проверка липкой лентой"
2.4 15A	03/76	"Качество поверхности, металлическая фольга"
2.4.22C	06/99	"Изгиб и кручение"
2.4.28.1D	05/04	"Адгезия, паяльный резист (маска), метод липкой ленты"
2.6.3F	05/04	"Влажность и сопротивление изоляции"

IPC-SM-840 "Квалификационные испытания и эксплуатационные характеристики постоянной паяльной маски"

IPC-2220 "Серия стандартов для конструирования печатных плат"

IPC-6010 "Серия эксплуатационных технических условий для печатных плат"

IPC-9191 "Общие требования для реализации статистического управления производственным процессом"

1.7 РАЗМЕРЫ И ДОПУСКИ

Все указанные здесь размеры и допуски относятся только к готовому изделию Размеры указаны в единицах СИ (метрических) и в скобках в британских единицах (дюймы) Справочная информация указана в скобках ( ).

1.8 ТЕРМИНЫ И ОПРДЕЛЕНИЯ

Термины и определения **должны** соответствовать IPC-T-50.

1.9 КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ

Печатные платы, изготовленные согласно требованиям данного документа, **должны** участвовать в последующих технологических операциях таким образом, чтобы обеспечивалось одинаковое качество и не допускалось появления грязи, посторонних материалов, масла, отпечатков пальцев, остатков флюса или других загрязнений, которые могут уменьшить срок службы или ухудшить эксплуатационные характеристики изделия Печатные платы **не должны** иметь дефектов, недопустимых в соответствии с данным документом Приемка плат с дефектами, не описанными в данном документе, **должна** быть отдельно оговорена между пользователем и поставщиком изделий.

1 www.ipc.org
2. Текущие и пересмотренные методы испытаний IPC Test Methods можно получить при подписке на IPC-TM-650 и на веб-сайте IPC (www.ipc.org/html/testmethods.htm)

2.0 ВИЗУАЛЬНО НАБЛЮДАЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Введение

В этом разделе описаны характеристики, которые можно наблюдать на поверхности платы. Сюда относятся такие характеристики, которые для печатных плат являются внешними или внутренними, но видимы на поверхности. К их числу относятся:

• **Дефекты поверхности**, например, заусенцы, выбоины, царапины, выемки, срезанные волокна, открытая ткань и пропуски

• **Дефекты под поверхностью**, например, включения посторонних материалов, мизлинг/разделение волокон, расслоение, розовое кольцо или пустоты в ламинате.

• **Дефекты в проводящем рисунке**, например, потеря адгезии, уменьшение ширины или толщины проводника из-за выбоин, микроотверстия, царапины, дефекты металлизации или защитного покрытия поверхности.

• **Характеристики отверстия**, например, диаметр, ошибка совмещения, посторонний материал и дефекты металлизации или защитного покрытия

• **Дефекты маркировки**, включая положение, размер, читаемость и точность.

• **Дефекты покрытия паяльной маской**, например, ошибки совмещения, вздутия, пузырьки, расслоение, адгезия, физические повреждения и толщина.

• **Размерные характеристики**, включая размеры и толщину печатной платы, размер отверстий и точность их расположения, ширина и расстояние между проводниками, точность положения и кольцо площадки.

2.1 Края платы

Такие дефекты, как заусенцы, выбоины и ореолы вдоль края платы являются допустимыми, если они не превышают указанных ниже пределов.

2.1.1 Заусенцы

Заусенцы характеризуются небольшими выступами или участками с неровными формами, выпуклыми по отношению к поверхности, и являются результатом механической обработки, например, сверления или разрезки.

2.1.1.1 Неметаллические заусенцы

Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Состояние кромки (края) - гладкое, без заусенцев



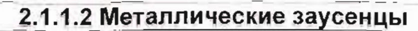
Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Состояние края - грубое, но без зазубрин
- Состояние края - отдельные заусенцы не влияют на посадку и работу.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их



2.1.1.2 Металлические заусенцы



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Состояние кромки (края) - гладкое, без заусенцев



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Состояние края - грубое. но без зазубрин.
- Состояние края - нет отделившихся заусенцев

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

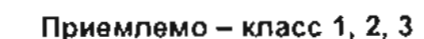
2.1.2 Выбоины





Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Состояние кромки (края) - гладкое, без выбоин



Приемлемо – класс 1, 2, 3

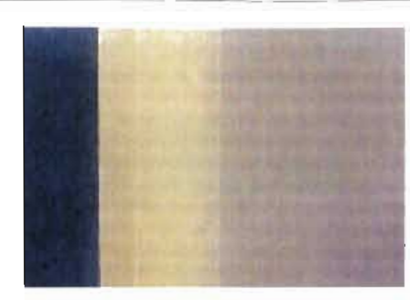
- Края грубые, но без зазубрин.
- Выбоины не заходят дальше 50% расстояния от края платы до ближайшего проводника или не больше 2,5 мм [0.0984 дюйма], берется меньшее значение



Недопустимо – класс 1, 2, 3

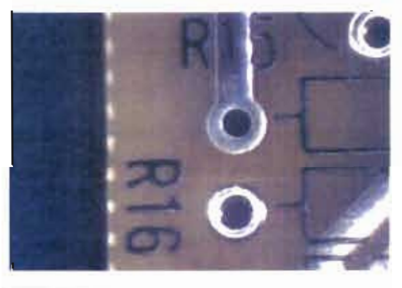
- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.1.3 Ореолы



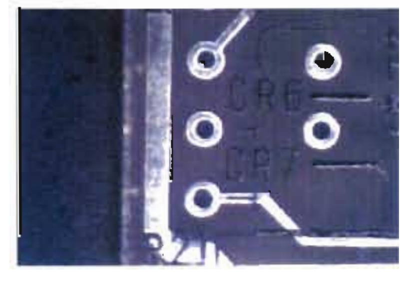
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Ореолов нет



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Расстояние от края платы до ближайшего проводника не уменьшается вследствие наличия ореола более чем на 50% или более чем на 2,5 мм [0 0984 дюйма], берется меньшее значение.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Введение

Идентификация дефектов

В отрасли существует большая путаница с определениями дефектов, которые могут возникнуть на ламинате. Для упрощения определения таких дефектов смотрите следующие разделы, в которых приведены определения, иллюстрации и фотографии, которые точно определяют и помогают идентифицировать следующие дефекты

Поверхность 2.2

- открытая ткань 2.2.1
- тканая текстура 2.2.2
- открытые/оборванные волокна 2.2.3
- углубления и пропуски 2 2.4

Под поверхностью 2.3

- мизлинг 2.3 1
- разделение волокон 2.3.2
- расслоение/вздутие 2.3.3
- инородные включения 2.3.4

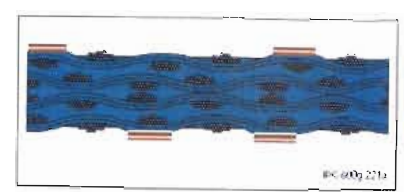
Важно отметить, что дефекты ламинатов могут обнаруживаться при приемке материала от поставщика ламината, или могут проявиться в процессе изготовления печатной платы. Некоторые дефекты могут появиться в процессе производства печатных узлов.

Использование критериев приемки

Каждый специалист не может быть экспертом по дефектам ламинатов Необходимо сформулировать критерии неразрушающего визуального контроля для помощи в принятии решения об уровнях приемлемости.

2.2.1 Открытая ткань

Открытая ткань: Состояние поверхности материала основания печатной платы, когда неразорванные волокна или ткань не полностью закрыты смолой.



Примечание: Этот рисунок представлен только как иллюстрация и не означает требования оценки микрошлифа.

Приемлемо – класс 1, 2, 3

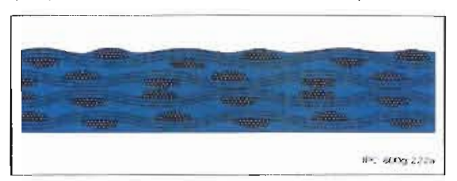
- За исключением участков с открытой тканью остальное пространство между проводниками соответствует требованию к минимальному расстоянию между проводниками.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.2.2 Тканая текстура

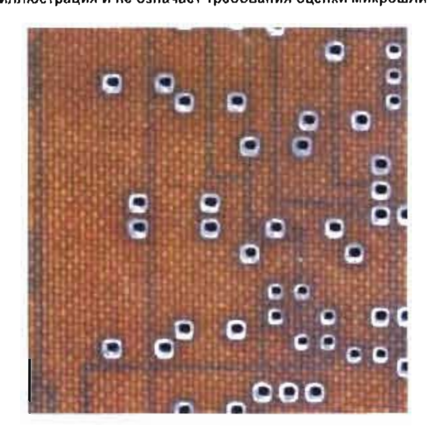
Тканая текстура: Состояние поверхности материала основания печатной платы когда заметен тканый узор или ткань, хотя неразорванные волокна или ткань полностью закрыта смолой.



Примечание: Этот рисунок представлен только как иллюстрация и не означает требования оценки микрошлифа.

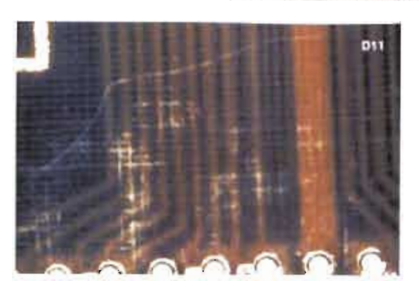
Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Тканая текстура является приемлемым состоянием для всех классов но иногда ее путают с открытой тканью из-за похожего внешнего вида.



Этот пример может иллюстрировать как открытую ткань, так и тканую текстуру
На этом рисунке невозможно понять разницу между ними.
Различие можно установить с помощью неразрушающих испытаний (наклонное освещение с микроскопом) или микрошлифа

2.2.3 Открытые/оборванные волокна



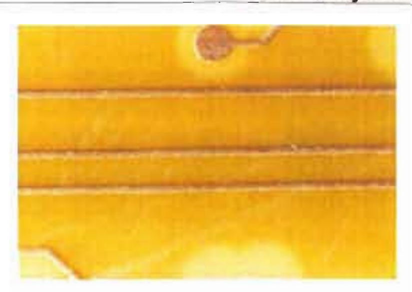
Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Открытые или оборванные волокна не создают "мостиков" между проводниками и не могут уменьшить расстояние между проводниками ниже минимальных требований.

Недопустимо

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.2.4 Углубления и пропуски



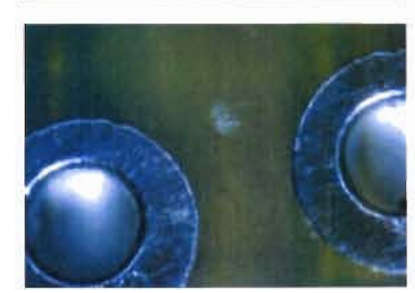
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет углублений и пропусков



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Углубления или пропуски не превышают 0.8 мм [0.031 дюйма].
- Полная пораженная дефектом поверхность платы менее 5% с каждой стороны
- Углубления или пропуски не создают "мостиков" между проводниками.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Введение

В данном разделе описаны дефекты под поверхностью материала основания печатной платы, которые видны снаружи через сам материал и некоторые покрытия защитной паяльной маской.

Чаще всего встречающиеся дефекты материалов основания печатной платы под ее поверхностью называются мизлинг, разделение волокон, расслоение, вздутие и инородные материалы Такие дефекты можно наблюдать во всем процессе изготовления и контроля печатных плат, а именно:

- Во время контроля поступившего от изготовителя фольгированного материала.
- Изготовителем печатной платы после снятия (травления) фольги при подготовке "внутрислойных" соединений для многослойной печатных плат,
- После травления "внешних" слоев печатной платы с целью образования требуемого узора проводящего рисунка и маркировки.
- После операций, связанных с нагревом, (например, нанесение паяльной маски и обозначений компонентов),
- После теплового удара, например, при расплавлении/покрытии припоем или в процессе испытания на паяемость.

Состояние материала основания печатной платы под его поверхностью на протяжении десятилетий было предметом многочисленных дискуссий в отрасли. Из разных наблюдаемых дефектов основное внимание уделялось мизлингу и разделению волокон

Мизлинг и разделение волокон изучались двумя "высшими" комитетами экспертов IPC Ниже изложены основные выводы и дополнительные комментарии экспертов IPC:

Краткая сводка выводов Первого комитета экспертов IPC по мизлингу

Комитет провел широкий обзор дефектов состояния поверхности материала основания печатных плат и состояния под этой поверхностью, уделив основное внимание мизлингу. По результатам этих работ в 1973 г IPC опубликовал "Информационный документ о мизлинге на печатных платах". Комитет должен был собрать как можно больше данных по мизлингу и другим дефектам поверхности и под поверхностью, а также стандартизовать термины, определения (описания), фотографии и иллюстрации для дефектов на поверхности и под ней.

К этому времени в отрасли были проведены большие исследования по этим вопросам, и комитет мог подготовить официальную трактовку "мизлинга". Комитет сформулировал следующие рекомендации "тщательный обзор имеющихся в литературе данных исследований и испытаний показал, что хотя мизлинг может создавать нежелательный внешний вид, ее влияние на рабочие характеристики готовых изделий в худшем случае минимально, а в большинстве случаев незначительно"

Комментарии: Несмотря на рекомендации комитета и полученные в отрасли данные, официальные лица оказали сильное сопротивление признанию того факта, что мизлинг является просто дефектом внешнего вида и не ухудшает рабочих параметров в большинстве приложений

Многие компании продолжают сохранять в своих технических условиях требование "без мизлинга" Но если мизлинг и другие недопустимые дефекты поверхности и под поверхностью угрожают выполнению производственного плана, то заказчик (или служба приемки) составляет документ, устанавливающий критерии приемки для мизлинга (и других часто встречающихся дефектов поверхности и под поверхностью). Эти новые критерии основываются на размере, относительном уменьшении расстояния между проводниками и величине пораженной площади. Они также бывают разными у разных заказчиков. По мере развития технологии, в частности, уменьшения расстояния между проводниками, влияние мизлинга и других дефектов поверхности и под ней снова стало серьезной проблемой для отрасли. В результате был сформирован Второй комитет экспертов IPC по мизлингу

Краткая сводка выводов Второго комитета экспертов IPC по мизлингу

Комитет был сформирован в конце 1978 г. Комитет изучил результаты работы первого комитета, запросил у отрасли дополнительные данные, и изучил собственные условия приемки, предложенные членами ассоциации IPC. Второй комитет экспертов пришел к тем же самым выводам.

Мизлинг является внешним проявлением хода технологического процесса, и практически нет никаких задокументированных случаев ее влияния на рабочие характеристики изделий в большинстве приложений. Главным исключением являются изделия для высокого напряжения. Все же некоторые государственные организации и промышленных компаний категорически отказывались признать допустимость мизлинга С учетом этого комитет разработал набор требований к мизлингу/разделению волокон, что позволило добиться консенсуса среди всех членов IPC. В результате была создана таблица требований к приемке для трех основных этапов процесса сборки изделий с печатными платами, контроль ламинированного материала, финишный контроль печатной платы и контроль после монтажа печатной платы. Эти требования включают в себя относительное уменьшение расстояния между проводниками (не свыше минимального расстояния между проводниками) и различные величины площади с мизлингом с каждой стороны печатной платы (или сборки) согласно классу изделия. Эти требования были добавлены в качестве Дополнения к первому изданию IPC-A-600, редакция С, и были включены в последующие издания редакции С и в другом формате в IPC-A-600, редакция D

Комментарии: Основные возражения, выраженные отдельными лицами, приведены в следующем списке (с комментариями)

- Сопротивление электрической изоляции, как объемное, так и поверхностное - некоторые отчеты и имеющиеся данные испытаний указывают, что сопротивление изоляции незначительно снижается мизлингом и разделением волокон

Введение (продолжение)

- Загрязнение - проблема заключалась в том, что ионные материалы могли диффундировать или "закачаться" (изменяющимся атмосферным давлением) в мизлинг и разделенные волокна, что могло бы привести к снижению сопротивления изоляции или к росту нитей анодной проводимости (conductive-anodic filament - CAF) и появлению закороток. Испытания с распылением соли показали, что это допущение неверно, и большинство ионных материалов (например, соли) не диффундирует в материал основания платы.
- Приложенные напряжения - проблемой является высокое напряжение (в частности, если возможен коронный разряд в мизлинге и разделенных волокнах), при этом электрическая прочность снижается на 20-50% в сравнении с подобной областью без дефектов, в частности, при высотах более 20 км [12 43 мили].
- Воздействие окружающей среды - большинство дефектов мизлинга/разделения волокон не увеличиваются в размерах и в степени проявления при климатических испытаниях.

В издании IPC-A-600, редакция E, были впервые учтены требования технологии поверхностного монтажа компонентов При этом требования приемки по мизлингу и разделению волокон были разделены. Для мизлинга критерии приемки допускали наличие "мостиков" под поверхностью между проводниками. Это было сделано согласно определению мизлинга, данным испытаний и опыту отрасли по мизлингу - не было никаких свидетельств функциональных отказов. Разделение волокон - это гораздо менее контролируемое разделение в материале основания платы, при котором образуются "соединения" между пятнами мизлинга и возможно соседними проводящими рисунками; поэтому критерии приемки для разделения волокон были составлены такими же, как для подобных дефектов расслоения и вздутия.

Через некоторое время руководящие ТУ стали гораздо более строгими относительно присутствия мизлинга. Кроме того, внешний вид стал основным критерием приемки Фактически, согласно данным всех военных и промышленных испытаний, до настоящего времени еще ни один отказ не был объяснен наличием мизлинга

IPC, промышленность и различные военные ведомства провели всесторонние испытания сборок, сильно пораженных мизлингом, в жестких атмосферных условиях в течение длительного времени Не было получено никаких доказательств роста и распространения дефектов или их отрицательного влияния на работу сборки Мизлинг не должен быть причиной отбраковки

Мизлинг - это эффект, возникающий внутри платы, когда в переплетенных волокнах, армирующих ламинированный материал основания платы, пучки волокон разделяются в местах их переплетения Термин "разделение волокон" иногда используется для описания множества пятен мизлинга, которые при контроле с поверхности кажутся соединенными. Если пятна мизлинга выглядят соединенными, то это состояние называется "разделение волокон" Это вид расслоения, в котором расслоение происходит вдоль волокон/прядей в смоле Для нетканых материалов этот дефект напоминает мизлинг, но он расположен случайным образом и имеет неправильную форму (см Рис. 1).

В проведенном исследовании главной причиной наблюдаемого мизлинга было совместное воздействие влаги, которая легко диффундирует в стеклоэпоксид, и температура пайки компонентов. Воздействие локальных высоких температур при пайке компонентов приводит к испарению захваченной влаги и разрыву связей в стеклоэпоксиде в "узелках" (местах соприкосновения основы и наполнителя стеклопластика). По накопленному опыту известно, что стеклоэпоксид поглощает атмосферную влагу, и если содержание влаги превысит 0,3 % по массе, то во время операций пайки могут возникнуть пятна мизлинга

В образование мизлинга/разделения волокон могут внести вклад и другие факторы, например: состав смолы, метод изготовления ламинатов, связующие вещества, температура стеклования T_g и т п В прошлом были составлены отчеты, указывающие, что мизлинг и разделение волокон с превышением 50% расстояния между проводниками не ухудшает надежности аппаратуры. Почему же мы так озабочены мизлингом и разделением волокон, если ни один отчет не указывает на проблемы с ними? Потому что в теории возможно, что если мизлинг со 100% поражением расстояния между проводниками действует совместно с влагой или другим загрязнителем, то между проводниками может произойти миграция меди (и отказы по сопротивлению изоляции (СИ)).

Если мы проанализируем указанный выше механизм отказа, то придем к выводу, что встретить такой отказ почти невозможно. Во-первых, нужен проводящий рисунок из пятен мизлинга Во-вторых, необходима влага в печатной плате/узле в комплексе с проводящим или ионным загрязнением (таким, как хлориды).

Введение (продолжение)

В этом типичном для отрасли примере пятно мизлинга расположено между двумя сквозными металлизированными отверстиями (см. Рис 2). Ширина пятна мизлинга равна 0.35 мм [0 0138 дюйма]. Для обеспечения возможности миграции меди мизлинг должен соединить два металлизированных сквозных отверстия. Конечно, это очень маловероятно. Второй пример (Рис 3) показывает, что требуется для возможного механизма отказа между двумя проводниками на поверхности. Непосредственно над узелком должен быть (+) проводник, а также и (-) проводник. Для возникновения в материале основания платы закоротки между этими проводниками должна существовать проводящая цепь от одного проводника через оставшиеся диэлектрические материалы (смола и волокно) к месту расслоения (мизлинг), вдоль расслоения в направлении второго проводника и затем опять через оставшиеся диэлектрические материалы (смола и волокно) ко второму проводнику. Для возникновения отказа необходимы все указанные выше составляющие, а также перепад напряжения между двумя соседними проводниками. Такое событие очень маловероятно и именно поэтому в отрасли никогда не наблюдалось ухудшения надежности изделий из-за мизлинга

При выработке критериев приемки электронной аппаратуры не забывайте обо всех рассмотренных здесь проблемах. Мизлинг не следует рассматривать как недопустимый дефект. Ее следует считать индикатором процесса, который говорит о том, что технологический процесс находится на грани выхода из допустимых пределов Устраните проблему, но не бракуйте изделий на основании всех изложенных выше факторов.

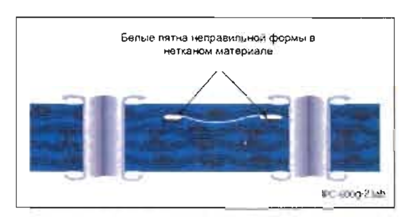


Рис. 1
Примечание: Этот рисунок представлен только как иллюстрация и не означает требования оценки микрошлифа.

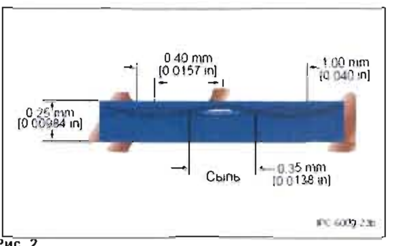


Рис. 2
Примечание: Этот рисунок представлен только как иллюстрация и не означает требования оценки микрошлифа.

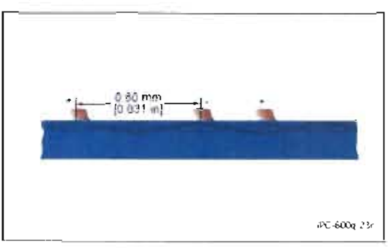
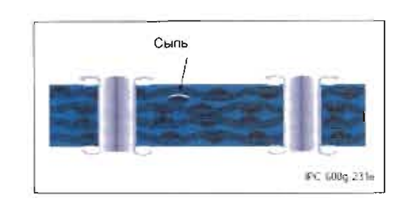


Рис. 3
Примечание: Этот рисунок представлен только как иллюстрация и не означает требования оценки микрошлифа.

2.3.1 Мизлинг

Мизлинг: Мизлинг проявляет себя в виде отдельных белые квадратиков или "крестиков" под поверхностью материала основания платы Обычно она связана с термическими напряжениями. Мизлинг - это эффект под поверхностью платы, который наблюдается в новых ламинированных материалах и иногда в любом типе плат, изготовленных из ламинатов, армированных тканным волокном. Поскольку пятна мизлинга являются строго подповерхностным явлением и проявляются как разделение прядей волокон в местах их переплетения их положение относительно поверхностных проводников не имеет значения





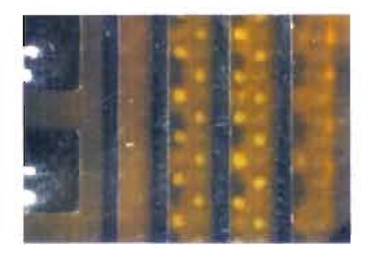
Примечание: Этот рисунок представлен только как иллюстрация и не означает требования оценки микрошлифа.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Мизлинг приемлем для всех изделий, за исключением высоковольтных, как определено заказчиком





Примечание: Пятна мизлинга наблюдаются с поверхности. Поперечные сечения показаны только для иллюстрации

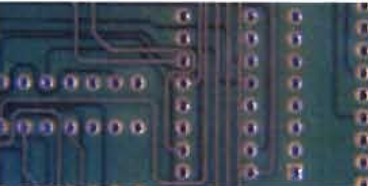
2.3.2 Разделение волокон

Разделение волокон: Внутреннее состояние ламинированного материала основания платы, когда волокна в пряди разделяются. Это может происходить в местах переплетения или вдоль длины пряди Этот дефект проявляется как соединенные белые пятнышки или "крестики" под поверхностью материала основания платы. Обычно он связан с механическими напряжениями. Если эти крестики соединены вместе, то это состояние оценивается следующим образом:



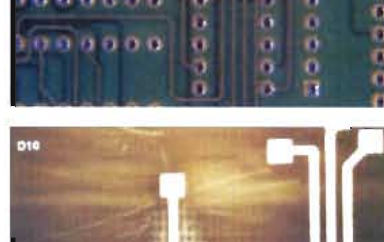


Примечание: Этот рисунок представлен только как иллюстрация и не означает требования оценки микрошлифа.



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет признаков разделения волокон.



Приемлемо – класс 2, 3

- Этот дефект не снижает расстояния между проводниками ниже минимального допустимого.
- Расстояние разделения волокон покрывает не более 50% расстояния между соседними проводниками, которые не соединены вместе электрически.
- Нет распространения дефекта в результате термических испытаний, моделирующих производственный процесс.
- Разделение волокон на краю платы не уменьшает минимального расстояния между краем и печатным проводником; или больше 2.5 мм [0.0984 дюйма], если не указано иное



Приемлемо - класс 1

- Этот дефект не снижает расстояния между проводниками ниже минимального допустимого
- Нет распространения дефекта в результате термических испытаний, моделирующих производственный процесс.
- Разделение волокон на краю платы не уменьшает минимального расстояния между краем и печатным проводником; или больше 2 5 мм [0.0984 дюйма], если не указано иное.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

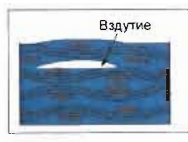
Примечание: Разделение волокон наблюдается с поверхности. Поперечные сечения показаны только для иллюстрации.

2.3.3 Расслоение/вздутие

Расслоение: Разделение между слоями в материале основания платы, между материалом и проводящей фольгой или между другими плоскостями в печатной плате

Вздутие: Расслоение в виде местного вспучивания и разделение между любыми из слоев в ламинированном материале основания или между материалом основания и проводящей фольгой или защитным покрытием.





Примечание: Этот рисунок представлен только как иллюстрация и не означает требования оценки микрошлифа.



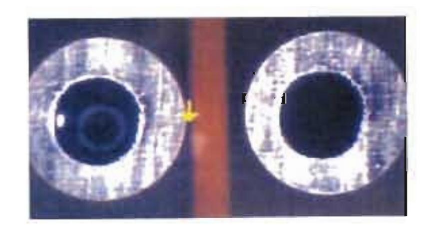
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет вздутия и расслоения



Приемлемо – класс 2, 3

- Площадь, пораженная дефектом, не превышает 1% площади платы с каждой стороны.
- Этот дефект не снижает расстояния между проводниками ниже минимально допустимого.
- Вздутие или расслоение покрывает не более 25% расстояния между соседними проводниками
- Нет распространения дефекта в результате термических испытаний, моделирующих производственный процесс
- Расположено не ближе к краю платы, чем указанное минимальное расстояния между краем и печатным проводником, или не более 2.5 мм [0.0984 дюйма], если не указано отдельно.



Приемлемо - класс 1

- Площадь, пораженная дефектом, не превышает 1% площади платы с каждой стороны.
- Вздутие или расслоение покрывает более 25% расстояния между соседними проводниками, но не снижает расстояния между проводниками ниже минимального допустимого.
- Нет распространения дефекта в результате термических испытаний, моделирующих производственный процесс.
- Расположено не ближе к краю платы, чем указанное минимальное расстояния между краем и печатным проводником; или не более 2.5 мм [0.0984 дюйма], если не указано отдельно.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям либо превышают их

Примечание: Доля пораженной площади подсчитывает путем суммирования площади всех дефектов и деления на полную площадь печатной платы. Для каждой стороны проводится отдельный расчет.

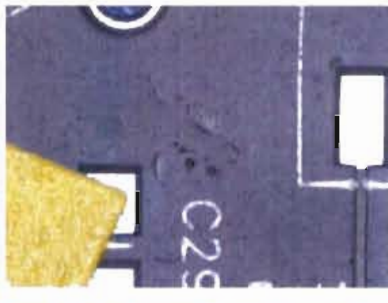
2.3.4 Инородные включения

Инородные частицы: Металлические или неметаллические, которые могут быть захвачены или внедрены в изолирующий материал

Инородный материал может быть обнаружен в сырье ламината, в препреге (этап В) и в обработанных многослойных печатных платах. Инородные частицы могут быть проводящими или непроводящими, оба варианта могут быть недопустимыми в зависимости от размера и расположения инородного включения

Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет инородных включений.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

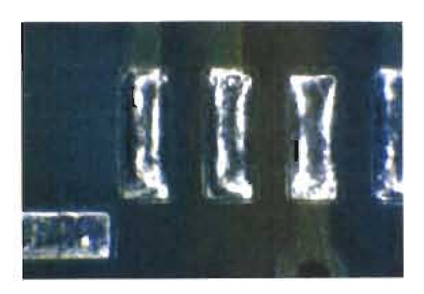
- Прозрачные частицы, захваченные в плату, **следует** считать приемлемыми.
- Непрозрачные частицы, захваченные в плату, **следует** считать приемлемыми при условии, что они не уменьшают расстояния между проводниками ниже минимального допустимого, указанного в стандартах серии IPC-6010
- Электрические параметры платы не изменились



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

2.4.1 Отсутствие смачивания

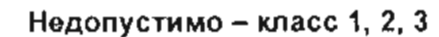


Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет несмачивания

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Полное смачивание всех проводящих поверхностей, где припой не вытеснен маской или другой металлизацией Участки вертикальных сторон (проводника и контактной площадки) могут быть не покрыты.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.4.2 Десмачивание



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет десмачивания.

Приемлемо – класс 2, 3

- На проводниках и слоях заземления и питания.
- На 5% или менее площади каждой контактной площадки для паяного соединения.



Приемлемо - класс 1

- На проводниках и слоях заземления и питания.
- На 15% или менее площади каждой контактной площадки для паяного соединения.



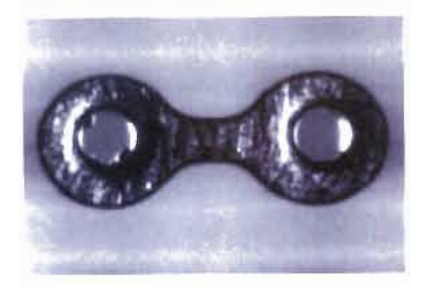
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.5.1 Наросты/заусенцы

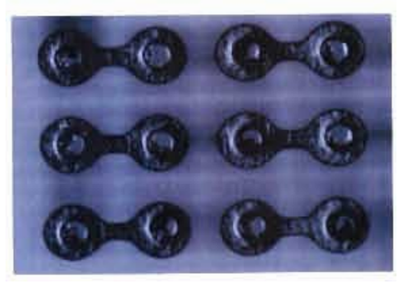
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Никаких признаков наростов или заусенцев.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Допускается, если соблюден минимальный диаметр готового отверстия.

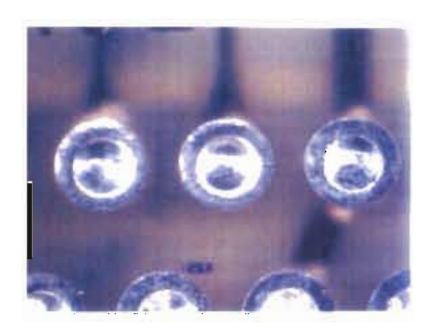


Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям. либо превышают их



2.5.2 Розовое кольцо



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Нет никаких доказательств того, что розовые кольца влияют на работу изделий. Присутствие явно выраженного розового кольца может считаться индикатором процесса, но не является недопустимым Основное внимание надо уделить качеству сцепления ламината, чистоте отверстия и поддержанию параметров процесса

2.5.3 Пропуски - медное покрытие



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет пропусков

Приемлемо - класс 3

- Нет признаков пропусков в отверстии



Приемлемо - класс 2

- Не более одного пропуска в любом отверстии.
- Не более 5% отверстий имеют пропуски
- Любой пропуск охватывает не более 5% длины отверстия.
- Пропуск охватывает менее 90° по окружности.



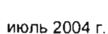
Приемлемо - класс 1

- Не более трех пропусков в любом отверстии.
- Не более 10% отверстий имеют пропуски.
- Любой пропуск охватывает не более 10% длины отверстия.
- Все пропуски охватывают менее 90° по окружности.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

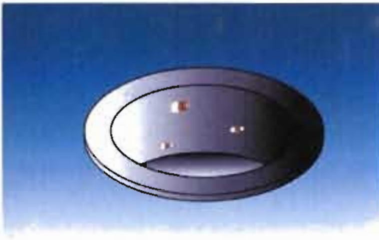


2.5.4 Пропуски - финишное покрытие



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет пропусков



Приемлемо - класс 3

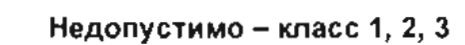
- Не более одного пропуска в любом отверстии
- Не более 5% отверстий имеют пропуски
- Пропуск охватывает не более 5% длины отверстия
- Пропуск охватывает менее 90° по окружности.

Приемлемо - класс 2

- Не более трех пропусков в любом отверстии
- Не более 5% отверстий имеют пропуски
- Любой пропуск охватывает не более 5% длины отверстия
- Все пропуски охватывают менее 90° по окружности

Приемлемо - класс 1

- Не более пяти пропусков в любом отверстии.
- Не более 15% отверстий имеют пропуски.
- Любой пропуск охватывает не более 10% длины отверстия.
- Все пропуски охватывают менее 90° по окружности



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.5.5 Отслоившиеся контактные площадки - (визуально)

Предпочтительно/Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Нет отслоившихся контактных площадок.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их



2.6.1 Ореолы

Ореолы: возникшее в результате механической обработки растрескивание или расслоение на поверхности или под поверхностью платы Ореолы проявляются в виде светлой области вокруг отверстий или других механически обработанных участков. Смотрите также 2 1.3



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Ореолов нет



Приемлемо – класс 1, 2, 3

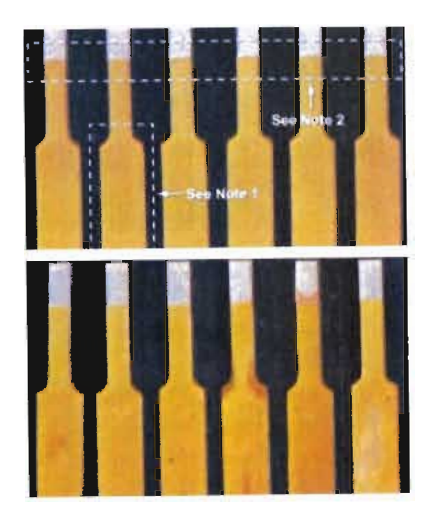
- Расстояние от края платы до ближайшего проводника не уменьшается вследствие наличия ореола более чем на 50% или более чем на 2,5 мм [0.0984 дюйма], берется меньшее значение.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.7.1 Металлизация поверхности - общие положения



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- На контактах нет ямок, пор и поверхностных наростов
- Нет открытой меди или нахлестов металлизации контакта на финишное покрытие или паяльную маску.

Приемлемо – класс 1, 2, 3 (критическая область контактов)

- Дефекты поверхности не открывают лежащий снизу металл в критической области контакта
- В критической области контактов нет брызг припоя или оловянно-свинцовой металлизации
- Нет наростов и металлических выступов в критической области контакта.
- Ямки, вмятины и впадины имеют наибольшую длину не более 0,15 мм [0.00591 дюйма]. Их не более трех на одном контакте и они занимают не более 30% поверхности контакта

Приемлемо – класс 3 (область зазора/перекрытия)

- Перекрытие открытой меди или металлизации составляет 0.8 мм [0.031 дюйма] или меньше

Приемлемо – класс 2 (область зазора/перекрытия)

- Перекрытие открытой меди или металлизации не превышает 1 25 мм [0.04921 дюйма]

Приемлемо – класс 1 (область зазора/перекрытия)

- Перекрытие открытой меди или металлизации не превышает 2.5 мм [0 0984 дюйма].

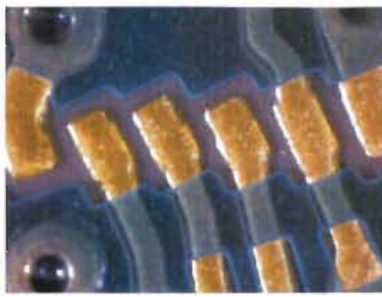


Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Примечание 1: Критическая область контакта Эти условия не применяются к полосе шириной 0 15 мм [0 00591 дюйма] вокруг периферии печатной контактной площадки.
Примечание 2: В зоне перекрытия металлизации допускается обесцвечивание.

2.7.1.1 Металлизация поверхности – контактные площадки для проволочных соединений





Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- На контактных площадках нет наростов на поверхности, шероховатости, маркировок электрических испытаний или царапин свыше 0.8 мкм [32 микродюйма] (эффективное значение) на внутреннем участке согласно применяющемуся методу испытаний, оговоренному между пользователем и поставщиком Если используется метод 2 4 15 из IPC-TM-650, то рекомендуется настроить длину области измерения шероховатости примерно на 80% от максимальной длины контактной площадки для проволочных соединений, чтобы получить эффективное значение во внутренней области Более подробная информация о шероховатости поверхности приведена в ASME B46 1
- Внутренний участок определяется как участок в центре контактной площадки, ограниченный 80% ширины площадки и 80% длины площадки (см. Рис. 1)



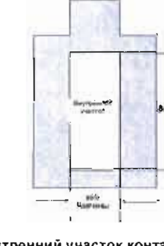
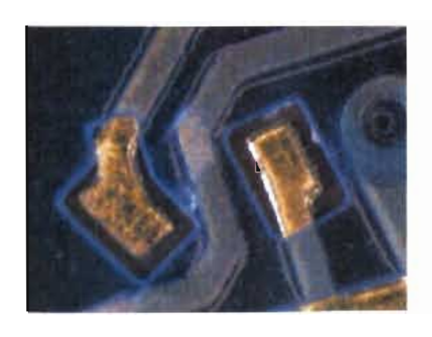
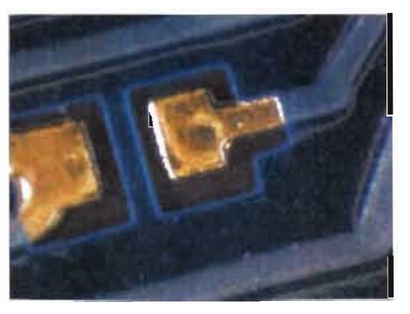


Рис. 1 Внутренний участок контактной площадки для проволочных соединений

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их



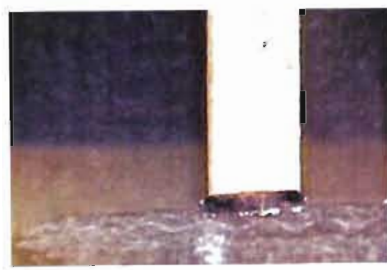


2.7.2 Заусенцы на печатных контактах на краю платы



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Гладкие края



Приемлемо – класс 1, 2, 3

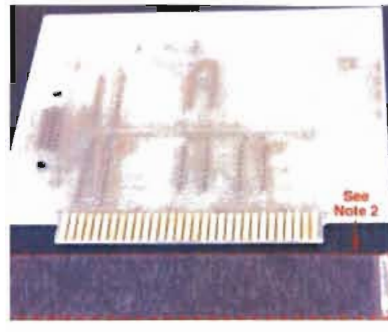
- Состояние края - гладкое, нет заусенцев, нет грубых кромок, нет подъема металлизации на печатных контактах, нет отделения (расслоения) печатных контактов от основания печатной платы и нет свободных волокон в области фаски кромки Ожидается и допустима открытая медь на конце печатного контакта.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

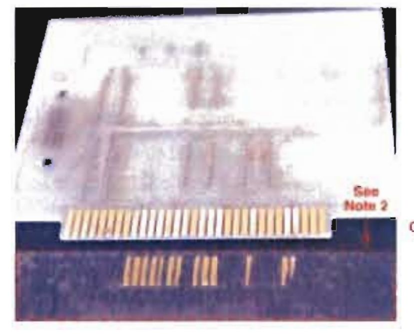
- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.7.3 Адгезия металлизации



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Хорошая адгезия металлизации согласно результатам испытания липкой лентой. Металлизация не должна удаляться Если выступающий металл отламывается и прилипает к ленте, то причиной этого, очевидно, являются выступающие заусенцы, т е это не является дефектом адгезии металлизации.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Примечание 1: Адгезию металлизации **следует** испытывать согласно методу 2.4 1 IPC-TM-650, используя полоску липкой ленты, которая прижимается к поверхности и отделяется от нее при приложении силы перпендикулярно рисунку печатной платы

Примечание 2: Металлизация, которая прилипла к ленте.

Введение

В данном разделе описаны критерии приемки для маркировки печатных плат. Маркировка печатных плат позволяет идентифицировать их и упрощает процесс монтажа. Если надпись нанесена через трафарет поверх металла, то обычно ее качество ухудшается в процессе пайки и отмывки. Поэтому наносить надписи поверх металла не рекомендуется. Если необходимо нанести надписи поверх припоя, то рекомендуется наносить их травлением. В документации на поставку должны быть указаны минимальные требования. Ниже перечислены примеры маркировок, рассмотренных в этом разделе:

- Серийные номера печатных узлов или изделий согласно требованиям документации на поставку. Каждую отдельную плату, каждую квалификационную плату и каждый комплект тестовых плат для проверки качества (в отличии от каждого отдельного тест-купона) **следует** маркировать, чтобы обеспечить прослеживаемость плат/тестовых плат и производственного процесса и идентификацию поставщика (логотип и т.п.)
- Указатели мест установки компонентов согласно требованиям документации на поставку.
- Порядковый номер при изготовлении, если он требуется согласно заказу.
- Буква версии, если номер платы должен указываться согласно требованиям документации на поставку.
- Указатели тестовых точек или точек регулировки.
- Указатели полярности или ориентации
- Обозначение по технике безопасности

Документация на поставку (оригинал) является основным руководящим документом, устанавливающим расположение и тип маркировки. Буква версии документации на поставку, согласно которой изготовлена данная плата, **должна** быть промаркирована на плате, если согласно требованиям документации на поставку должен быть указан серийный номер платы. Маркировка печатных плат **должна** выдерживать все испытания, отмывку и другие процессы, которым подвергается плата, и **должна** быть читаемой (ее можно прочесть и понять) согласно требованиям этого документа.

Информация маркировки на печатной плате (позиционные обозначения компонентов) **должна** быть долговечной и должна выдерживать климатические испытания и операции отмывки, установленные для печатной платы. Маркировка **должна** быть читаемой согласно требованиям данного документа. Плата **должна** осматриваться при увеличении не более 2x. Если используется проводящая краска, то она должна соответствовать требованиям стандартов серии IPC-6010

В этом разделе приведены общие требования для всех типов маркировки (включая лазерную, наклейки, штриховой код и т.п.) и конкретные условия для следующих типов маркировки:

- Маркировка, нанесенная травлением.
- Маркировка краской, нанесенная через трафарет или штампом

Если не указано иное, то каждая отдельная плата, каждая квалификационная плата и каждый комплект тестовых плат для проверки качества (в отличии от каждого отдельного тест-купона) маркируется согласно документации на поставку с указанием кода даты и идентификатора изготовителя (например, код п/я для военной приемки, логотипы и т.п.). Маркировка наносится в том же процессе, который используется для создания проводящего рисунка, или с помощью долговечных красок, устойчивых к плесневым грибкам, или с помощью вибрирующего стилуса на металлическом участке, предусмотренном для маркировки, или с помощью постоянной прикрепленной этикетки. Проводящая маркировка, выполненная вытравленной медью или проводящей черной краской, считается электрическим элементом платы и не должна уменьшать расстояний между проводниками. Вся маркировка должна быть совместима с материалами и компонентами, выдерживать все испытания и ни в коем случае не должна ухудшать характеристики платы.

Допускается использовать маркировку в виде тисненных штампов на неиспользуемых участках палаты. Однако такая маркировка не разрешается на готовых изделиях. Выгравированная или тисненная маркировка и любая маркировка, которая врезается внутрь ламината, должна удовлетворять тем же требованиям, что и царапины.



2.8.1 Маркировка, нанесенная травлением

Маркировка, нанесенная травлением, создается точно так же, как и проводники на печатной плате. В результате вытравленная маркировка должна соответствовать следующим критериям:



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Символы являются читаемыми.
- Должно выполняться требование к минимальному расстоянию между вытравленными символами и активными проводниками.




Приемлемо – класс 3

- Допустимы дефекты маркировки независимо от их причины (например, перемычки, перетрав и т.п.), если символы являются читаемыми
- Маркировка не нарушает требований к минимальному расстоянию между электрическими проводниками
- Кромки линий, образующие символы, могут быть немного искаженными

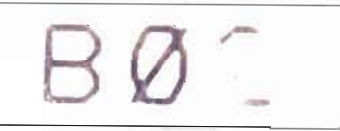
Приемлемо – класс 2

- Допустимы дефекты маркировки независимо от их причины (например, перемычки, перетрав и т.п.), если символы являются читаемыми.
- Маркировка не нарушает требований к минимальному расстоянию между электрическими проводниками.
- Ширина линий, образующих символ, может быть уменьшена вплоть до 50%, если эти линии остаются читаемыми.



Приемлемо – класс 1

- Допустимы дефекты маркировки независимо от их причины (например, перемычки, перетрав и т.п.), если символы являются читаемыми
- Маркировка не нарушает требований к минимальному расстоянию между электрическими проводниками
- Надписи содержат искажения, но общий смысл надписи или маркировки остается читаемым.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

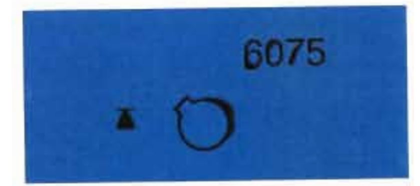
2.8.2 Маркировка краской, нанесенная через трафарет или штампом

Маркировка краской, нанесенная через трафарет или штампом, относится к любому типу маркировки, напечатанной на поверхности платы. При нанесении такой маркировки не выполняется резки и травления



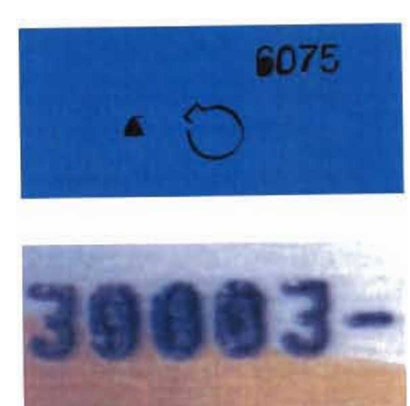
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Символы являются читаемыми.
- Краска распределена равномерно, без размазываний и двойных изображений.
- Маркировка краской не заходит на контактные площадки



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Символы являются читаемыми
- Краска может выходить за пределы символа при условии, что символ остается читаемым
- Часть указателя ориентации компонента может отсутствовать при условии, что ориентация все равно четко определена.
- Краска маркировки на площадке с отверстием для компонента не попадает в монтажное отверстие и не уменьшает минимальной ширины кольца контактной площадки.
- Маркировочная краска допускается в металлизированных отверстиях и сквозных отверстиях, к которым не припаиваются никакие выводы компонентов, если в документации на поставку не требуется, чтобы отверстия были полностью заполнены припоем
- Маркировочная краска не попадает на печатные контакты и на тестовые точки
- На поверхности контактных площадок с шагом 1.25 мм [0 04921 дюйма] и более краска может присутствовать только с одной стороны площадки и не должна покрывать более 0.05 мм [0.0020 дюйма]
- На поверхности контактных площадок с шагом менее 1.25 мм [0.04921 дюйма] краска может присутствовать только с одной стороны площадки и не должна покрывать более 0.025 мм [0.000984 дюйма]



Приемлемо – класс 1

- Маркировка может быть смазанной или расплывчатой при условии, что она читаемая.
- Двойные изображения, которые читаются.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Введение

Термин " паяльный резист" или "паяльная маска" часто используется для указания любого типа постоянного или временного полимерного покрытия печатной платы. Термин "паяльный резист" используется в данном документе в качестве общего термина для обозначения любого постоянного полимерного покрытия, используемого на печатных платах. Паяльные резисты используются для ограничения и управления нанесением припоя на выбранные места печатной платы в процессе пайки. Покрытия паяльным резистом используются для ограничения загрязнения поверхности печатной платы в процесе пайки и последующих операций, иногда они используются для ограничения роста дендритов между элементами проводящего рисунка на поверхности материала основания печатной платы. Подробные технические условия и информация о требованиях к паяльным резистам приведена в стандартах IPC-6012 и IPC-SM-840.

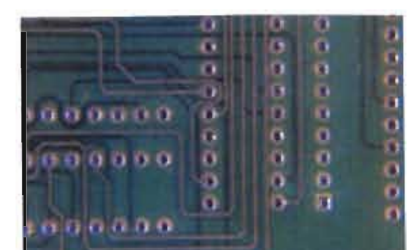
Материалы паяльных резистов не предназначены для применения в качестве замены влагозащитных покрытий, которые наносятся после сборки для защиты компонентов, выводов компонентов и паяных соединений. Определение совместимости материалов паяльного резиста с материалами влагозащитного покрытия или другими материалами зависит от конечных требований к условиям эксплуатации платы

Имеются следующие типы паяльных резистов:

- Нанесение, жидкость, наносимая через трафарет
- Нанесение, электростатическое.
- Экспонирование; жидкий резист
- Экспонирование, сухой пленочный резист
- Экспонирование, временный резист.
- Экспонирование, сухой пленочный резист поверх жидкости.

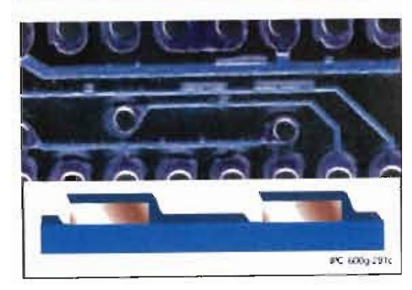
Примечание: При необходимости нанесения дополнительного паяльного резиста покрытие **должно** выполняться материалом, который совместим с первоначально нанесенным резистом и обладает такой же стойкостью к пайке и отмывке, как первоначально нанесенный резист.

2.9.1 Покрытие над проводниками (пропуск покрытия)



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Паяльный резист имеет однородный вид над поверхностью материала основания, сторонами проводника и краями. Он хорошо связан с поверхностью печатной платы, не имеет видимых пропусков, пробелов и других дефектов.

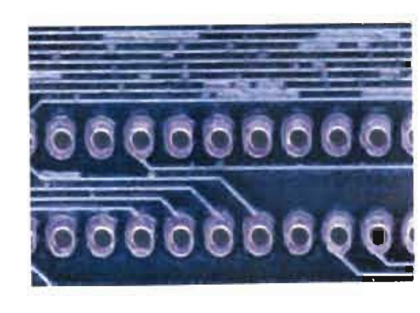


Приемлемо – класс 2, 3

- На участках с параллельными проводниками соседние проводники не открыты из-за отсутствия паяльного резиста за исключением мест, где пространство между проводниками должно быть открытым
- При необходимости нанесения дополнительного паяльного резиста покрытие должно выполняться материалом, который совместим с первоначально нанесенным резистом и обладает такой же стойкостью к пайке и отмывке, как первоначально нанесенный резист.

Приемлемо – класс 1

- Отсутствие паяльного резиста не уменьшает расстояния между проводниками ниже минимального допустимого.
- Имеются пропуски паяльного резиста вдоль сторон проводящего рисунка



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.9 ПАЯЛЬНЫЙ РЕЗИСТ (паяльная маска)



2.9.2 Совмещение с отверстиями (все виды финишных покрытий)





Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет ошибок совмещения паяльного резиста. Паяльный резист расположен по центру вокруг площадок с номинальным зазором.





Приемлемо – класс 1, 2, 3

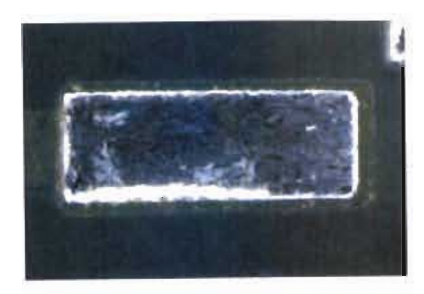
- Имеется ошибка совмещения резиста и рисунка площадок, но резист не нарушает требования к минимальной ширине кольца контактной площадки
- Отсутствие паяльного резиста в металлизированных отверстиях, за исключением не предназначенных для пайки
- Не открыты соседние электрически изолированные площадки или проводники.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

2.9.3 Совмещение с другими проводящими рисунками



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет ошибок совмещения паяльного резиста.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Ошибка совмещения площадок, ограниченных паяльным резистом, не открывает соседних электрически изолированных площадок или проводников.
- Паяльный резист не попадает на печатные контакты платы и на тестовые точки
- На поверхности контактных площадок с шагом 1.25 мм [0.04921 дюйма] или более резист может присутствовать только с одной стороны площадки и не должен покрывать более 0.05 мм [0.0020 дюйма].
- На поверхности контактных площадок с шагом менее 1.25 мм [0 04921 дюйма] резист может присутствовать только с одной стороны площадки и не должен покрывать более 0.025 мм [0 000984 дюйма].

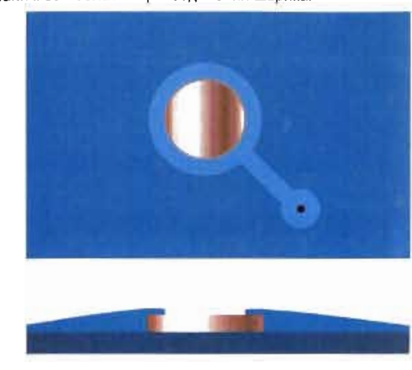


Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.9.3.1 Площадки для корпуса BGA (площадки, ограниченные паяльным резистом)

Площадки, ограниченные паяльным резистом: Часть проводящего рисунка, используемого для соединения шариковых выводов электронных компонент (корпуса BGA, BGA с малым шагом и т.п.), где паяльный резист попадает на края площадки, ограничивая область присоединения шарика.



Предпочтительно – класс 1, 2, 3

- Паяльный резист заходит на края контактных площадок без смещения.

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Ошибка совмещения создает разрыв паяльного резиста на контактной площадке не более чем на 90°

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

2.9.3.2 Площадки для корпуса BGA (площадки, ограниченные медью)

Площадки, ограниченные медью: Часть проводящего рисунка, обычно, но не исключительно, использующаяся для присоединения компонентов, когда паяльный резист наносится на печатную плату с зазором вокруг контактных площадок.



Предпочтительно

- Паяльный резист расположен с зазором без смещения вокруг контактной площадки.

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Паяльный резист не наплывает на контактную площадку за исключением места сопряжения с проводником.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.9.3.3 Площадки для корпуса BGA (препятствие для припоя)

Препятствие для припоя: Мостик из паяльного резиста, использующийся в случае монтажа корпусов BGA или BGA с мелким шагом, разделяющий контактную площадку и переходное отверстие и препятствующий попаданию припоя из паяного соединения в отверстие



Предпочтительно

- Паяльный резист расположен с зазором без смещения вокруг медной контактной площадки Резист покрывает проводник между контактной площадкой и переходным отверстием и не покрывает переходное отверстие

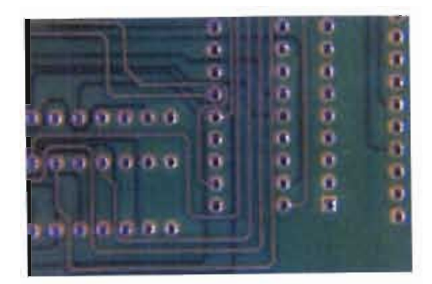
Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Если задано препятствие для припоя из паяльного резиста (для предотвращения попадания припоя в отверстие), то оно находится на месте и закрывает медь.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

2.9.4 Вздутия/расслоение



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет никаких признаков вздутий, пузырьков и расслоений между паяльным резистом, основанием печатной платы и проводящим рисунком

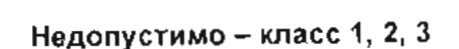


Приемлемо – класс 2, 3

- Два на сторону не более 0 25 мм [0.00984 дюйма] по наибольшему размеру.
- Уменьшение расстояния между проводниками не превышает 25% или не нарушен минимальный зазор

Приемлемо – класс 1

- Вздутия, пузырьки или расслоение не создают перемычек между проводниками.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их



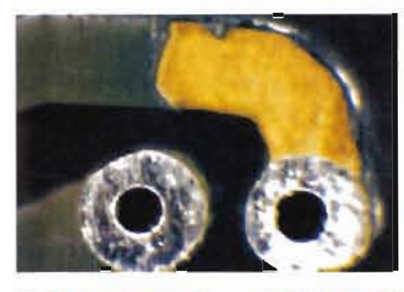
2.9.5 Адгезия (отслаивание или отшелушивание)

Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Поверхность паяльного резиста является однородной по внешнему виду и крепко связана с поверхностью печатной платы

Приемлемо – класс 2, 3

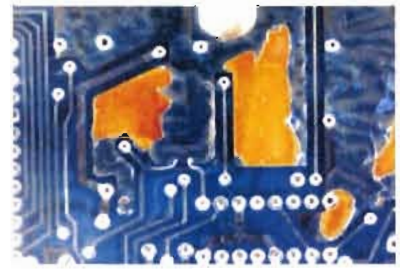
- Нет никаких признаков поднятия паяльного резиста над платой до начала испытаний
- После испытаний согласно методу 2.4.28 1 IPC-TM-650 площадь поднявшегося над платой паяльного резиста не превышает допустимых пределов стандарта серии 6010





Приемлемо – класс 1

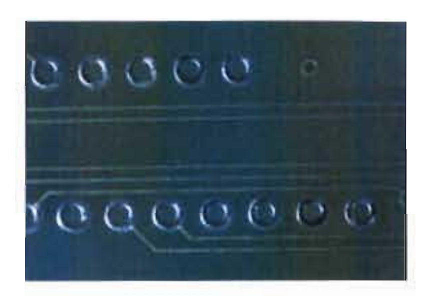
- До испытаний паяльный резист отшелушивается от материала основания печатной платы или проводящего рисунка, а оставшийся резист прочно связан с платой. Отделившийся резист не открывает соседние проводящие рисунки и не превышает допустимое поднятие.
- После испытаний согласно методу 2.4.28.1 IPC-TM-650 площадь поднявшегося над платой паяльного резиста не превышает допустимых пределов стандарта серии IPC-6010.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

2.9.6 Волны/морщины/рябь



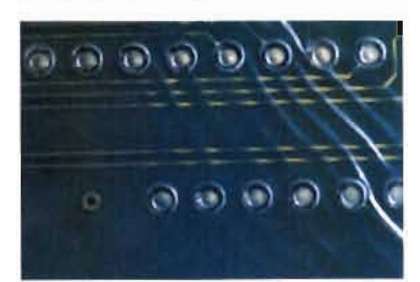
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет никаких волн, морщин, ряби и других дефектов покрытия резистом на поверхности основания печатной платы или проводящего рисунка



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Волны или рябь паяльного резиста не уменьшают толщину покрытия резистом ниже минимальной толщины (если она указана).
- На участке имеются небольшие морщины, которые не образуют мостиков между проводящими рисунками и проходят испытания по методу 2 4 28 1 IPC-TM-650 (испытание адгезии липкой лентой)



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

2.9.7 Заливка (сквозных отверстий)



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Все отверстия, которые должны быть залиты, полностью закрыты резистом.

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Все отверстия, которые должны быть залиты, закрыты резистом

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.



2.9.8 Трубчатый дефект

Трубчатый дефект: Длинная трубкоподобная пустота вдоль краев проводящих дорожек, где паяльный резист не связан с поверхностью материала основания платы или с кромкой проводника. В этой трубкоподобной пустоте могут содержаться флюсы для оплавления олова/свинца, отмывочные жидкости или летучие материалы.



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет никаких видимых трубчатых дефектов между резистом для пайки и поверхностью материала основания печатной платы или кромками проводящих дорожек.



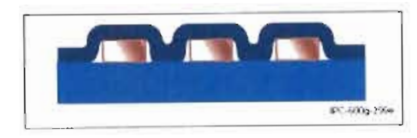
Приемлемо – класс 3

- Нет признаков трубчатых дефектов.



Приемлемо – класс 1, 2

- Трубчатые дефекты вдоль кромок проводящих дорожек не уменьшают расстояние между проводниками ниже минимально допустимого предела.
- Трубчатый дефект полностью изолирован от внешней среды



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.



Введение

Печатные платы должны соответствовать требованиям к размерам, указанным в документации на поставку, в том числе габаритным размерам, толщине, размерам прорезей, пазов, вырезов и концевых печатных контактов платы. Погрешность, повторяемость и воспроизводимость оборудования, используемого для проверки характеристик печатных плат, должна быть не более 10% от разрешенного диапазона допуска на проверяемые размеры.

2.10.1 Ширина проводников и расстояние между проводниками

В данном разделе рассматриваются критерии приемки по ширине проводников и расстоянию между проводниками. Допустимая ширина проводников и расстояние между проводниками - это мера того, насколько хорошо в процессе производства печатной платы воспроизводится исходное изображение, которое в основном определяет требования к ширине и расстояниям печатных рисунков Если эти характеристики не нарушаются, то точность формирования краев не обязательно является характеристикой для приемки или отбраковки Ее можно рассматривать в качестве индикатора процесса, требующего настройки технологических процедур. Кроме того, точность формирования краев может быть важным параметром в цепях с регламентированным импедансом Документация на поставку должна определить требования к точности выполнения рисунка для таких типов плат При необходимости измерение точности кромок проводников выполняется согласно методу 2.2 2 IPC-TM-650.

2.10.1.1 Ширина проводника



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Ширина проводников и расстояния между проводниками соответствуют требованиям к размерам, указанным на фотошаблонах или в документации на поставку.



Приемлемо – класс 2, 3

- Любая комбинация шероховатости, выбоин, проколов и царапин изолированного края, открывающих материал основания, которая снижает ширину проводника на 20% или менее от минимального значения.
- Нет никаких признаков дефектов (шероховатость, выбоины и т.п. края), превышающих 10% от длины проводника или 13 мм [0 512 дюйма], берется меньшее значение.



Приемлемо – класс 1

- Любая комбинация шероховатости, выбоин, проколов и царапин изолированного края, открывающих материал основания, которая снижает ширину проводника на 30% или менее от минимального значения
- Нет никаких признаков дефектов (шероховатость, выбоины и т.п. края), превышающих 10% от длины проводника или 25 мм [0.984 дюйма], берется меньшее значение



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.10.1.2 Расстояние между проводниками



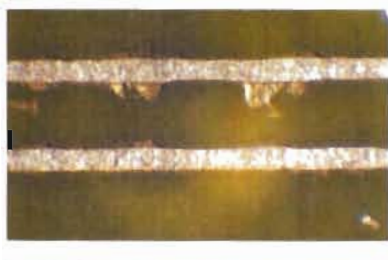
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Расстояния между проводниками соответствуют требованиям на размеры, указанными в документации на поставку



Приемлемо – класс 3

- Любая комбинация дефектов края (шероховатости, зазубрин меди и т п.), которая не уменьшает указанного минимального расстояния между проводника более чем на 20% в изолированных участках



Приемлемо – класс 1, 2

- Любая комбинация дефектов края (шероховатости, зазубрин меди и т.п.), которая не уменьшает указанного минимального расстояния между проводника более чем на 30% в изолированных участках



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

2.10.2 Кольцевая контактная площадка на внешнем слое - измерение

Кольцевая контактная площадка: Минимальный ширина кольцевой контактной площадки на внешних слоях - это минимальное расстояние (в самом узком месте) между краем отверстия и краем контактной площадки после металлизации отверстия (см. Рис. 1). Минимальный ширина кольцевой контактной площадки на внутренних слоях - это минимальное расстояние (в самом узком месте) между краем просверленного отверстия и краем контактной площадки после сверления отверстия (см Рис. 2)

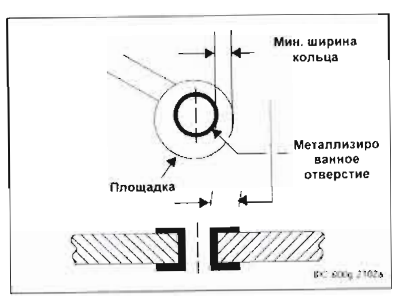


Рис. 1 Кольцевая площадка на внешнем слое

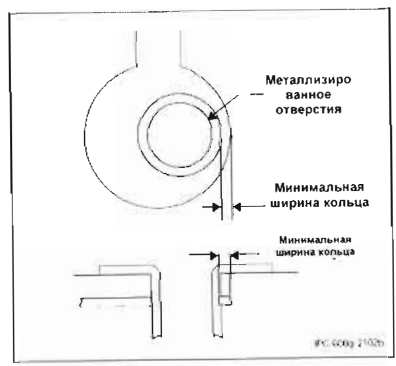


Рис. 2 Кольцевая площадка на внутреннем слое

Сопряжение проводника с площадкой Участок сектора 90° с центром вокруг точки где проводник соединяется с площадкой (см. Рис 3) Этот участок определяется только для условий разрыва

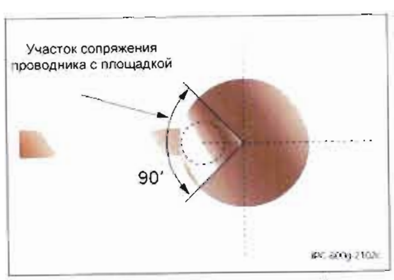
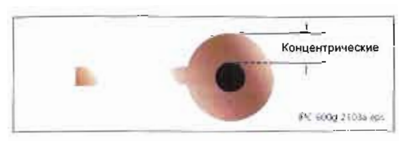


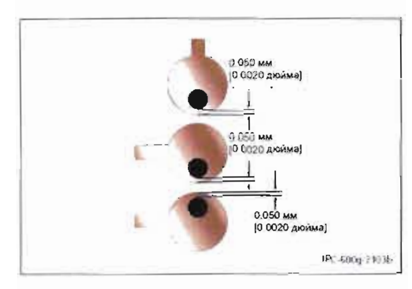
Рис. 3 Сопряжение проводника с площадкой

2.10.3 Кольцевая контактная площадка на внешнем слое - металлизированные отверстия



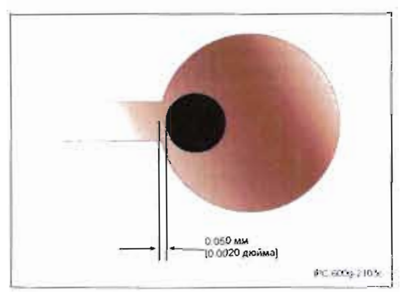
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Отверстия расположены по центру площадок



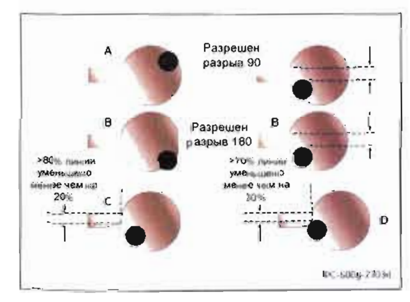
Приемлемо – класс 3

- Отверстия расположены не по центру площадок, но ширина кольца составляет 0 050 мм [0.0020 дюйма] или более
- Минимальная ширина кольца на внешнем слое может быть уменьшена на 20% из-за таких дефектов. как ямки, выбоины, проколы или сколы



Приемлемо – класс 2

- Разрыв 90° или менее. (A)
- Если разрыв имеется на участке сопряжения проводника с площадкой, ширина проводника не уменьшается более чем на 20% от минимальной ширины проводника, указанной в конструкторской документации или на рабочем фотошаблоне Ширина сопряжения не может быть меньше 0 050 мм [0.0020 дюймов] или минимальной ширины проводника, берется меньшее значение.(C)
- Соблюдается минимальное боковое расстояние между проводниками.



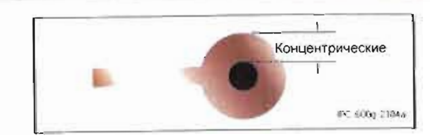
Приемлемо – класс 1

- Разрыв 180° или менее (B)
- Если разрыв имеется на участке сопряжения проводника с площадкой, ширина проводника не уменьшена более чем на 30% от минимальной ширины проводника, указанной в конструкторской документации или на рабочем фотошаблоне (D)
- Не изменяется форма, соответствие и работоспособность.
- Соблюдается минимальное боковое расстояние между проводниками.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

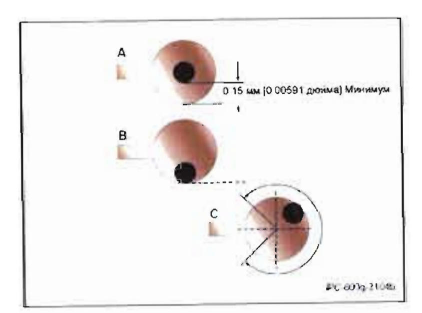
- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

2.10.4 Кольцевая контактная площадка на внешнем слое - неметаллизированные отверстия



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Отверстия расположены по центру площадок



Приемлемо – класс 3

- Ширина кольца составляет 0.15 мм [0.00591 дюйма] или более в любом направлении. (А) Минимальная ширина кольца может быть уменьшена на 20% из-за таких дефектов, как ямки, выбоины, проколы или сколы

Приемлемо – класс 2

- Разрешен разрыв 90°. (В)
- Если разрыв имеется на участке сопряжения проводника с площадкой, ширина проводника не уменьшается более чем на 20% от минимальной ширины проводника, указанной в конструкторской документации или на рабочем фотошаблоне.

Приемлемо – класс 1

- Разрешен разрыв 90° (С)
- Если разрыв имеется на участке сопряжения проводника с площадкой, ширина проводника не уменьшается более чем на 30% от минимальной ширины проводника, указанной в конструкторской документации или на рабочем фотошаблоне



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Введение

Плоскостность печатных плат определяется двумя характеристиками, которые называются изгиб и скручивание. Состояние изгиба характеризуется в основном цилиндрической или сферической кривизной платы, при этом четыре ее угла расположены в одной плоскости. Скручивание - это деформация платы, параллельная диагонали платы, причем один угол не находится в одной плоскости с тремя другими углами. Круглые или эллиптичные платы должны оцениваться по наивысшей точке вертикального смещения. Изгиб и скручивание могут вызываться конструкцией платы, т.к. различные конфигурации цепей или конструкции слоев многослойных печатных плат могут приводить к различным условиям приложения или снятия напряжений. Толщина платы и свойства материала являются другими факторами, которые влияют на окончательную плоскостность платы.

Изгиб и скручивание Изгиб, скручивание и любая их комбинация **должны** определяться результатами физических измерений и вычислений в процентах согласно методу 2.4.22 IPC-TM-650. Панели, содержащие несколько мультиплицированных плат, которые собраны в виде панели и впоследствии разделены, **должны** оцениваться в форме панели



С деформирующей силой, приложенной к двум углам одного края. 1 и 2 - отклонение от плоскости поверхности.

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Для печатных плат с компонентами для поверхностного монтажа изгиб и скручивание **должны** быть 0,75% или меньше
- Для всех других плат изгиб и скручивание **должны** быть 1,50% или меньше.



С деформирующей силой, приложенной только к одному углу.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Введение

В этом разделе приведены критерии приемки по тем характеристикам, которые не могут быть оценены в результате визуального контроля печатных плат.

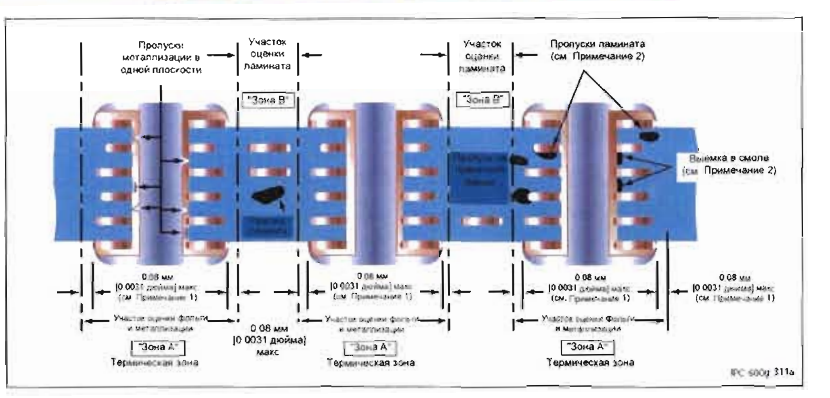
К ним относятся следующие характеристики материала основания, металлизированных отверстий, внутренних проводящих медных рисунков, обработке внутренней меди и внутренних слоев заземления, питания, теплоотвода

- Дефекты под поверхностью материала платы, например, расслоение, вздутие и включение инородных материалов.
- Дефекты под поверхностью многослойных печатных плат, например, пустоты, расслоение, вздутие, трещины, зазор заземляющего слоя и зазор между слоями
- Дефекты металлизированных отверстий, в том числе размер, ширина кольцевой контактной площадки, "шляпки гвоздей" толщина металлизации, пропуски металлизации, наросты, трещины, пятна смолы, недостаточное или чрезмерное протравливание, затекание припоя, разделение внутренних слоев и толщина паяльного резиста
- Внутренние дефекты проводников, например, недотрав или перетрав, трещины и пустоты в проводнике, неоднородное или недостаточное покрытие оксидом и толщина фольги.
- Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах

Введение

В этом разделе описаны критерии приемки для диэлектрических материалов. Диэлектрические материалы оцениваются после термической нагрузки. Требования для оценок, выполняемых в состоянии "как получено", должны быть указаны в документации на поставку

3.1.1 Пропуски ламината (за пределами термической зоны)



Примечания:

1. Термическая зона распространяется на 0 08 мм [0.0031 дюйма] в область ламината за пределы края площадки, как внутренней так и внешней
2. Аномалии или дефекты ламината на участках зоны A не оцениваются на образцах, которые подвергались термической нагрузке или эмуляции ремонта
3. Расслоение/вздутие оценивается как в зоне A, так и в зоне B.

3.1.1 Пропуски ламината (за пределами термической зоны) (продолжение)



Предпочтительно

- Равномерный и гомогенный ламинат.

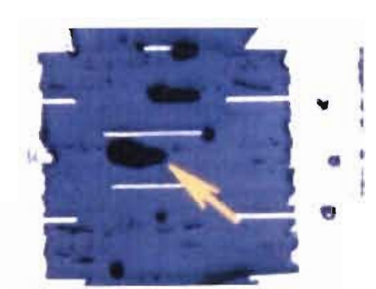


Приемлемо – класс 2, 3

- Пропуски не более 0.08 мм [0 0031 дюйма] и они не нарушают минимального диэлектрического зазора
- Аномалии или дефекты ламината, такие как пропуски или выемки смолы, на участках зоны А, которые подвергались термической нагрузке или эмуляции ремонта
- Многочисленные пропуски между двумя соседними металлизированными отверстиями в одном слое **не должны** иметь общей длины, которая превышает эти пределы.

Приемлемо – класс 1

- Пропуски не более 0 15 мм [0 00591 дюйма] и они не нарушают минимального диэлектрического зазора.
- Аномалии или дефекты ламината, такие как пропуски или выемки смолы, на участках зоны А, которые подвергались термическим напряжениям или эмуляции ремонта.
- Многочисленные пропуски между двумя соседними металлизировнными отверстиями в одном слое не должны иметь общей длины, которая превышает эти пределы



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах

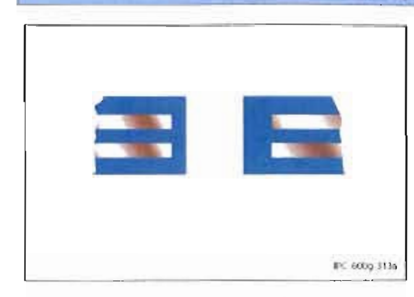
3.1.2 Совмещение/проводники и отверстия

Совмещения проводников обычно определяется по совмещению площадок металлизированных отверстий.

Устанавливаются требования к минимальной ширине кольцевой площадки на внутреннем слое (см 3.3.1)

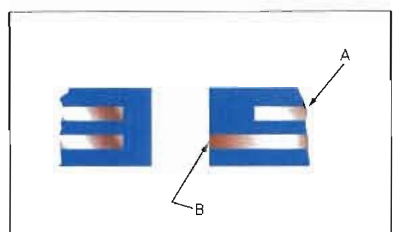
Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах

3.1.3 Зазор между неметаллизированным отверстием и слоями питания/заземления



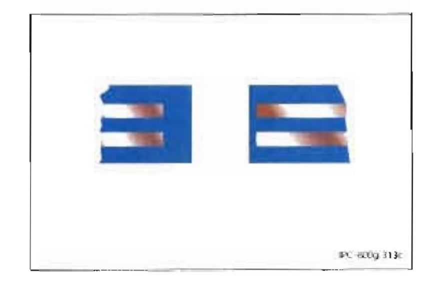
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Отступ слоя питания/заземления соответствует требованиям документации на поставку



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- A) Отступ слоя питания/заземления больше минимального расстояния между электрическими проводниками, указанного в документации на поставку.
- B) Слой заземления может продолжаться до края неметаллизированного отверстия, если так указано в документации на поставку



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах

3.1.4 Расслоение/вздутие



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет расслоения или вздутия

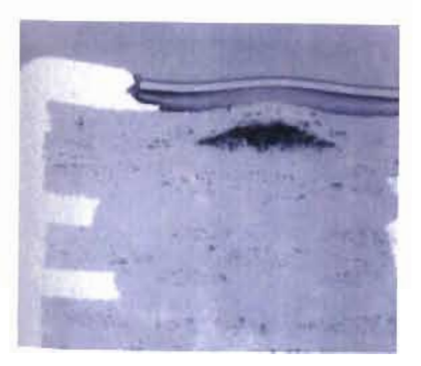
Приемлемо – класс 2, 3

- Нет признаков расслоения или вздутия



Приемлемо – класс 1

- Если присутствует расслоение или вздутие, следует оценить всю плату согласно требованиям 2 3.3



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах.

3.1.5 Протравливание

Позитивное или негативное протравливание обеспечивает удаление наноса смолы с границы между медью внутреннего слоя и высверленным отверстием Пример наноса смолы показан на Рис 1 Имеются данные, как за, так и против того, что позитивное протравливание обеспечивает большую надежность, чем негативное протравливание, и наоборот Это зависит от типа медной металлизации, медной фольги и плотности используемой фольги. Чрезмерное протравливание, как позитивное, так и негативное, не является предпочтительным Чрезмерное протравливание в обоих случаях отрицательно сказывается на надежности металлизированного отверстия

Протравливание: Процесс протравливания, известный также как позитивное протравливание, используется для удаления диэлектрического материала. Теоретически протравливание обеспечивает полное удаление наносов смолы из отверстий и, кроме того, появление связи на границе трех поверхностей между медью металлизированного отверстия с внутрислойной медной фольгой Теоретически три соединения более надежны, чем одно. Недостатком протравливания является то, что в результате получаются грубые отверстия, что может привести к возникновению трещин во "втулках" металлизированных отверстий Чрезмерное протравливание также является причиной возникновения напряжения, которые могут привести к растрескиванию фольги Теневой эффект определяется как состояние, возникающее в процессе протравливания, при котором диэлектрический материал непосредственно прилегающий к фольге, удаляется не полностью Он может возникнуть, даже если на каком-либо участке была достигнута приемлемая величина протравливания.

Негативное протравливание: Теоретически для того, чтобы протравить/очистить фольгу на внутреннем слое, вы должны удалить нанос смолы. Преимущества негативного протравливания заключаются в том, что этот процесс не создает участков с повышенным напряжением на внутренней плоскости, как процесс позитивного протравливания, и что в результате формируются очень гладкие и однородные медные стенки отверстия. Гладкие стенки отверстий и негативное протравливание предпочтительны при металлизации изделий для областей применения, требующих высокой надежности Недостатком негативного протравливания в случае его избыточности является появление разделения внутренних слоев из-за попавших внутрь воздушных "карманов" и загрязнений

В данном разделе не обсуждается, какой процесс протравливания следует предпочесть Многие изготовители печатных плат добились больших успехов в применении процессов как позитивного, так и негативного протравливания. Тип используемого процесса протравливания должен выбирать конкретный разработчик/пользователь в зависимости от материала, медной металлизации, медной фольги и приложения



Рис. 1 Пример пятна смолы до его удаления протравливанием

Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах.

3.1.5.1 Протравливание

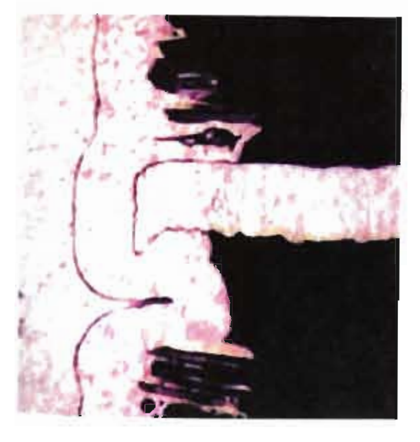


Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Равномерное протравливание до предпочтительной глубины 0.013 мм [0.000512 дюйма]

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Протравливание до глубины от 0 005 мм [0.00020 дюйма] до 0.08 мм [0.0031 дюйма]
- С одной стороны каждой площадки допускается теневой эффект.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

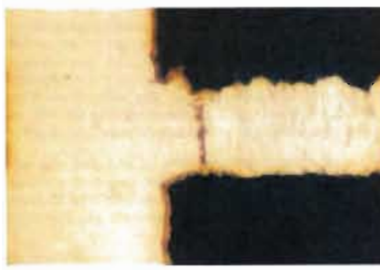
Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах

3.1.5.2 Негативное протравливание



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Равномерное негативное протравливание медной фольги до 0.0025 мм [0.0000984 дюйма].

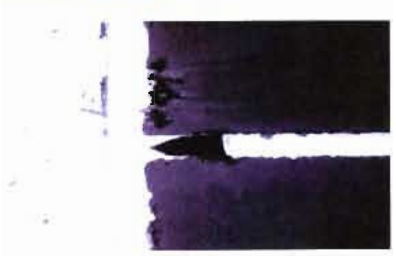


Приемлемо – класс 3

- Негативное протравливание менее чем 0.013 мм [0.000512 дюйма].

Приемлемо – класс 1, 2

- Негативное протравливание менее чем 0 025 мм [0.000984 дюйма]



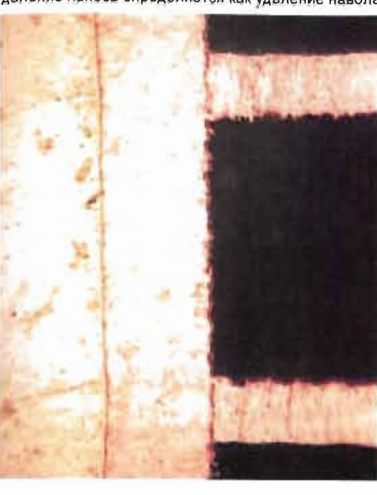
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах

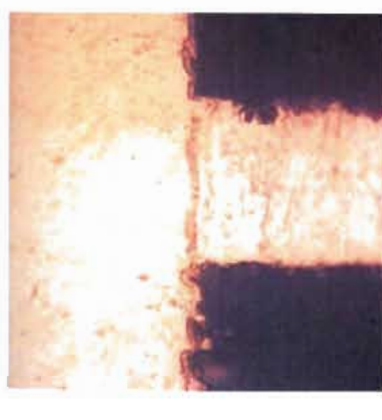
3.1.6 Удаление наноса

Удаление наноса определяется как удаление наволакивания смолы, образовавшегося в результате сверления отверстия.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Нанос не был протравлен более чем на 0 025 мм [0.001 дюйма].
- Случайные задиры или канавки от сверления, создающие небольшие участки, где была превышена глубина 0 025 мм [0.001 дюйма], **должны** оцениваться как протравливание согласно 3.1.5 1.
- Удовлетворяются критерии приемки для разделения металлизации (3.3.13).



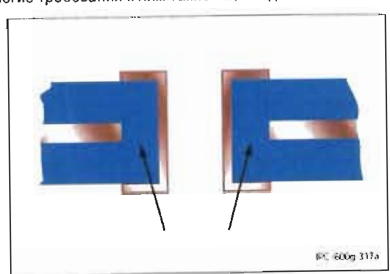
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах.

3.1.7 Диэлектрический материал, зазор, металлический слой для металлизированных отверстий

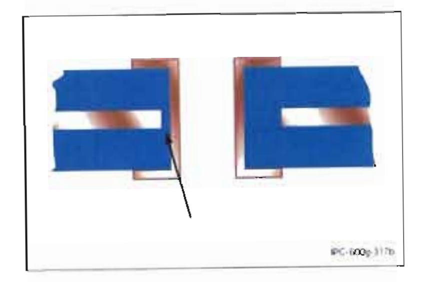
Металлические слои используются для механического усиления и/или электромагнитного экранирования печатных плат. Многие требования к ним такие же, как для печатных плат с металлическим основанием.



IPC-600g-317a

Предпочтительно– класс 1, 2, 3

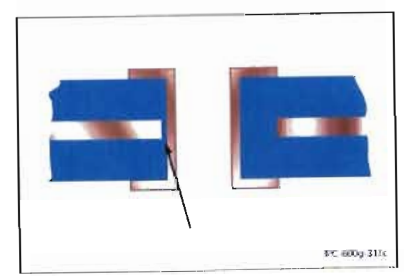
- Отступ металлического слоя превосходит требования документации на поставку



IPC-600g-317b

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Отступ металлического слоя не менее 0 1 мм [0.0040 дюйма] (если это значение не указано в документации на поставку).
- Отступ металлического слоя не уменьшает расстояние между проводниками меньше минимума, указанного в документации на поставку.



IPC-600g-317c

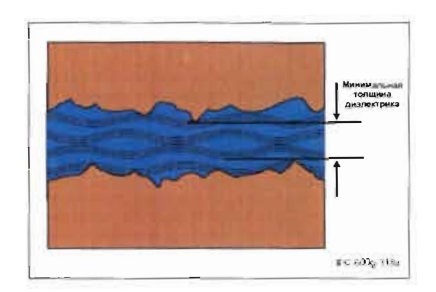
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах.

3.1.8 Расстояние между слоями

Минимальная толщина диэлектрика является показателем, определяющим электрическую прочность изоляции материала.



IPC-600g-318a

Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Минимальная толщина диэлектрика соответствует требованиям документации на поставку.

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Минимальная толщина диэлектрика соответствует минимальным требованиям документации на поставку. Если она не указана, то она должна составлять 0.09 мм [0 0035 дюйма] или более.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Примечания

1: Изделия, разработанные для применений в линиях передачи со специальными требованиями к импедансу, могут иметь специальные требования и методы измерений, указанные в документации на поставку.

2: Если номинальная толщина диэлектрика на чертеже меньше чем 90.0 мкм [3543 микродюйм], то минимальное расстояние диэлектрика равно 25.0 мкм [984 микродюйм] и количество упрочняющих слоев может быть выбрано поставщиком.

Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах.

3.1.9 Отделение диэлектрика

Отделение диэлектрика в металлизированном отверстии обычно определяется как отделение металлизированной втулки отверстия от диэлектрического материала стенки отверстия. Такой дефект допустим для всех классов после испытания на термическую стойкость, если в документах на поставку не указано иное.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Отделение диэлектрика допустимо после испытаний на термостойкость

Визуальные наблюдения, выполняемые только на микрошлифах.

Введение

В данном разделе описаны критерии приемки травления печатных плат, внутренних слоев и изделий с контролируемым импедансом. Качественный процесс травления должен приводить к удалению всего избыточного металла, при этом на изделии не должно оставаться никаких загрязнений.

Перетрав может быть причиной отбраковки, если из-за чрезмерного нависания металлорезиста образуются заусенцы или если ширина проводников в готовом изделии меньше требований технических условий.

Недотрав может быть причиной отбраковки, если на изделии остается лишний металл в таком количестве, что расстояние между проводниками оказывается меньше требований технических условий, или если превышены требования к ширине проводников.

Ширина проводника определяется как наблюдаемая ширина медного проводника без учета органического или металлического резиста, если не указано иное. "Минимальная ширина проводника", часто указываемая в документации на поставку или в конструкторской документации, обычно измеряется у основания проводника и может отличаться от фактической самой узкой ширины, наблюдаемой в поперечном сечении или с поверхности. Наблюдение с поверхности может быть недостаточным для приемки некоторых изделий и процессов травления. Если регламентируется сопротивление единицы длины, то может потребоваться измерение средней ширины проводника в поперечном сечении. Если требуется контроль импеданса, то для расчета может быть важным определение максимальной ширины проводника, и часто требуется микрошлиф.

Технология травления может сильно варироваться из-за различных травящих реактивов, резистов и толщины слоя металла. Ширина проводника может увеличиться или уменьшиться в сравнении с шириной на фотошаблоне из-за технологий экспонирования и проявления. Для достижения "проектной ширины проводника" в рабочий фотошаблон на этапе вычерчивания часто вносится корректировка ширины. Величина такой корректировки ширины проводника на "рабочем фотошаблоне" может составлять от 0.025 до 0.05 мм [от 0.000984 до 0.0020 дюйма]. Определение величины корректировки проводится экспериментально для компенсации увеличения или уменьшения ширины проводника на этапах гальванического осаждения или травления.

Рисунки раздела 3.2.1 служат в качестве справочных, иллюстрирующих форму краев проводников, которая может образовываться из-за разных технологий травления, и показывающих случаи "разрастания проводника", "подтравливания проводника" и "нависания проводника".

Термины, используемые при оценке состояния травления (см. IPC-T-50)

Разрастание: Увеличение ширины проводника с одной стороны проводника, вызванное накоплением осаждаемого металла сверх того, что очерчено на фотошаблоне.

Подтравливание: Расстояние с одного края проводника, измеренное параллельно поверхности платы от внешней кромки проводника вместе с травильным резистом, до максимально углубленной точки на медном проводнике.

Нависание: Сумма разрастания и подтравливания.

Проектная ширина проводника: Ширина проводника, как вычерчено или указано в документации на поставку.

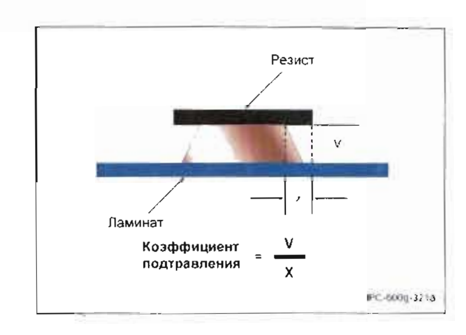
Примечания:
1. Рабочий фотошаблон может быть скорректирован в зависимости от применяемой технологии, и ширина проводника на оригинале фотошаблона может отличаться от проектной ширины.
2. Проектная ширина проводника часто указывается как минимальная при измерении на основании проводника. Для цепей с контролируемым импедансом для ширины проводника может быть указан ±допуск.

Рабочий фотошаблон: Рисунок в масштабе 1:1, который используется для создания одной или нескольких печатных плат с погрешностью, указанной в документации на поставку.

Коэффициент подтравливания: Отношение глубины травления к величине бокового травления.

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.2.1 Характеристики травления



"A" *Место наименьшей ширины проводника* Это не "минимальная ширина проводника", указанная в документации на поставку или в конструкторской документации

"B" *Ширина основания проводника.* Ширина, которая измеряется, когда "минимальная ширина проводника", указана в документации на поставку или в конструкторской документации.

"C" *Ширина проводника на рабочем фотошаблоне* Эта ширина обычно определяет ширину металлического или органического резиста на протравливаемом проводнике.

Проектная ширина проводника указывается в документации на поставку и чаще всего измеряется в основании проводника "B" для соответствия требованиям на "минимальную ширину проводника"

На следующих двух конфигурациях показано, что ширина проводника может быть больше на поверхности, чем на основании.

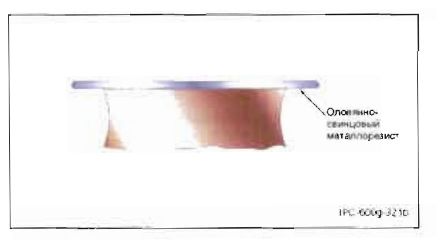
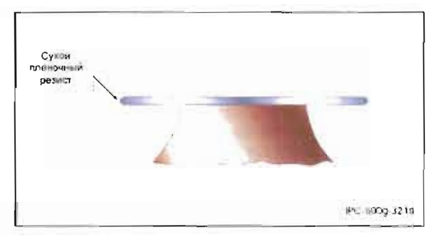
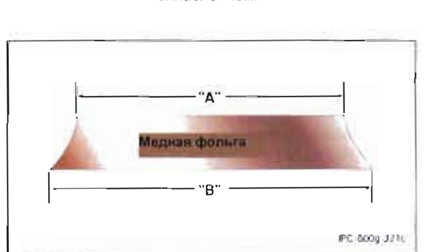


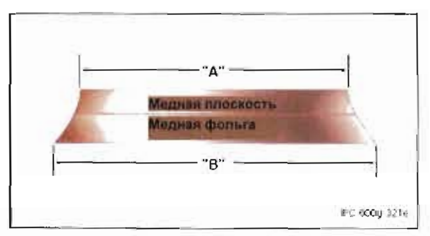
Рисунок металлизации (сухой пленочный резист) перед оплавлением.



Панель металлизации (сухой пленочный резист) перед удалением резиста



Внутренний слой после травления



Внутренний металлизированный слой используется для скрытых отверстий

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.2.1 Характеристики травления (продолжение)

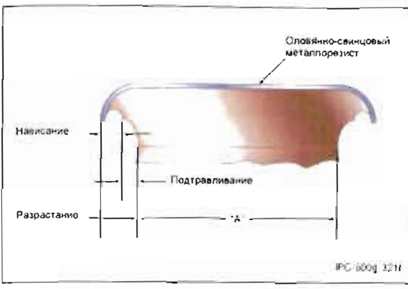


Рисунок металлизации (сухой пленочный резист) с разрастанием

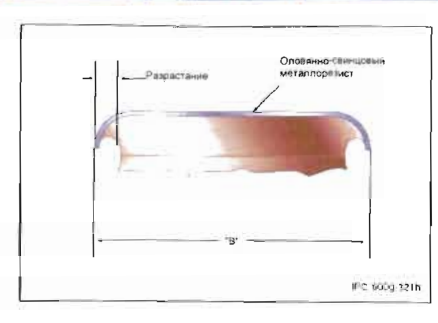
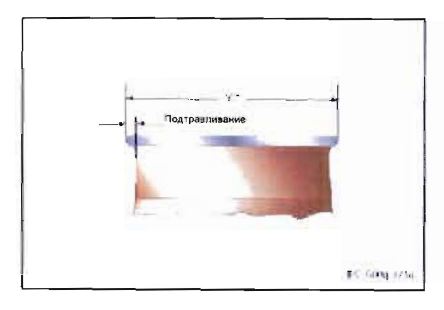


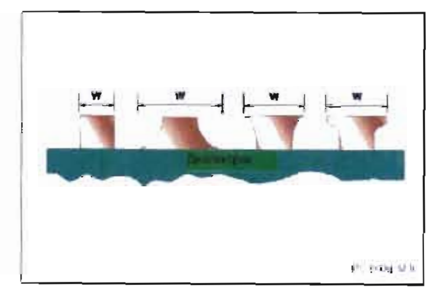
Рисунок металлизации (жидкий резист) с разрастанием

Примечание: Степень разрастания, если оно имеется, связана с толщиной сухого пленочного резиста. Разрастание происходит, когда толщина металлизации превышает толщину резиста.

Примечание: Различные технологии травления могут не соответствовать проектным требованиям.



Тонкое покрытие и рисунок металлизации (травильный резист)



Эффективная ширина проводника может отличаться от ширины проводника из-за препятствий на поверхности (W).

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.2.2 Печать и травление

Медный проводник может состоять из комбинации медной фольги, медной металлизации и химически восстановленной меди. На этих рисунках не показаны металлорезист, покрытие для пайки и оплавленная оловянно-свинцовая металлизация, которые обычно видны на микрошлифе



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Ширина проводника превышает минимальные требования.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Ширина проводника соответствует минимальным требованиям



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.2.3 Толщина проводника на внешнем слое (фольга плюс металлизация)

Если в документации на поставку не указано иное, то минимальная полная (медная фольга плюс медная металлизация) толщина проводника после обработки **должна** соответствовать Таблице 3-1.

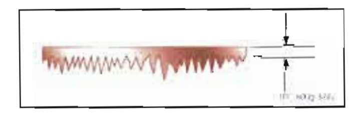
Таблица 3-1 Толщина внешнего проводника после металлизации

Масса	Абсолютный мин. Cu (IPC-4562 без снижения на 10%) (мкм) [мкдюйм]	Плюс мин. покрытие для класса 1 и 2 (20 мкм) [787 мкдюйм]	Плюс мин. покрытие для класса 3 и (25 мкм) [984 мкдюйм]	Макс. переменное уменьшение допуска на обработку * (мкм) [мкдюйм]	Мин. толщина проводника внешнего слоя после обработки (мкм) [мкдюйм] Класс 1 и 2	Класс 3
1/8 унции	4.60 [181]	24.60 [967]	29 60 [1.165]	1.50 [59]	23 1 [909]	28 1 [1.106]
1/4 унции	7.70 [303]	27.70 [1.091]	32 70 [1.287]	1.50 [59]	26.2 [1.031]	31.2 [1.228]
3/8 унции	10.80 [425]	30 80 [1.213]	35 80 [1.409]	1.50 [59]	29.3 [1.154]	34 3 [1.350]
1/2 унции	15.40 [606]	35 40 [1.394]	40 40 [1 591]	2.00 [79]	33.4 [1.315]	38.4 [1.512]
1 унция	30 90 [1.217]	50.90 [2.004]	55 90 [2.201]	3.00 [118]	47 9 [1.886]	52 9 [2 083]
2 унции	61 70 [2.429]	81.70 [3.217]	86 70 [3.413]	3.00 [118]	78 7 [3.098]	83 7 [3.295]
3 унции	92 60 [3.646]	112.60 [4.433]	117 60 [4.630]	4 00 [157]	108 6 [4.276]	113.6 [4 472]
4 унции	123 50 [4 862]	143.50 [5.650]	148.50 [5 846]	4 00 [157]	139.5 [5 492]	144 5 [5.689]

Справка: Мин толщина покрытия Cu Класс 1 = 20 мкм [787 мкдюйм] Класс 2 = 20 мкм [787 мкдюйм] Класс 3 = 25 мкм [984 мкдюйм]
*Технологический допуск на уменьшение не применяется к процессам оплавления для масс ниже 1/2 унции * Для масс 1/2 унции и выше технологический допуск на уменьшение позволяет выполнить одну операцию ремонта.

3.2.4 Толщина фольги - внутренние слои

Минимальная толщина фольги (или толщина проводника) - это максимальная непрерывная копланарная толщина, которая проводит электрический ток. При определении минимальной толщины фольги учитываются отдельные царапины, но не учитывается пилообразный "древовидный" профиль поверхности для улучшения адгезии металла с покрытием.



Минимальная толщина фольги внутреннего слоя после обработки **должна** соответствовать Таблице 3-2.

Таблица 3-2 Толщина фольги внутреннего слоя после обработки

Масса	Абсолютный мин. Cu (IPC-4562 без снижения на 10%) (мкм) [мкдюйм]	Макс. переменное уменьшение допуска на обработку * (мкм) [мкдюйм]	Мин. толщина окончательного покрытия после обработки (мкм) [мкдюйм]
1/8 унции [5 10]	4.60 [181]	1 50 [59]	3.1 [122]
1/4 унции [8 50]	7 70 [303]	1 50 [59]	6.2 [244]
3/8 унции [12 00]	10 80 [425]	1.50 [59]	9 3 [366]
1/2 унции [17.10]	15 40 [606]	4 00 [157]	11 4 [449]
1 унция [34.30]	30.90 [1,217]	6.00 [236]	24 9 [980]
2 унции [68.60]	61 70 [2,429]	6.00 [236]	55.7 [2.193]
3 унции [102.90]	92 60 [3,646]	6.00 [236]	86.6 [3.409]
4 унции [137.20]	123 50 [4,862]	6.00 [236]	117 5 [4,626]
Свыше 4 унций [137 20]		6 00 [236]	На 6 мкм [236 мкдюйм] ниже минимальной толщины рассчитанного 10% снижения толщины фольги по IPC-4562

*Технологический допуск на уменьшение не применяется к процессам оплавления для масс ниже 1/2 унции * Для масс 1/2 унции и выше технологический допуск на уменьшение позволяет выполнить одну операцию ремонта

Примечание: Дополнительные покрытия, которые могут требоваться для проводников внутреннего слоя, **должны** быть отдельно указаны в требованиях на толщину покрытия

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

Введение

В данном разделе описаны характеристики приемки для металлизированных отверстий, используемые для двусторонних и многослойных жестких печатных плат. В данный раздел включены фотографии и рисунки характеристик металлизированных отверстий, выполненных сверлением и перфорированием, по мере необходимости приведены отдельные примеры.

Тест-образцом **должен** быть репрезентативный купон, как описано в IPC-2221, часть испытываемой печатной платы, или вся печатная плата если позволяют размеры.

Тестируемые отверстия следует выбирать случайным образом. Рекомендуется выполнять вертикальные микрошлифы, как параллельные, так и перпендикулярные к краю платы. Метод горизонтальных микрошлифов может использоваться в качестве арбитражного. Для обеспечения хорошей полировки шлифов с правильным выравниванием и полировки до среднего диаметра отверстия необходимо использовать точную заливку и металлургические методы. Отполированную поверхность необходимо протравить после начальной оценки наносов непосредственно перед измерением толщины покрытия

Оценка всех свойств и требований **должна** выполняться на тест-купоне, подвергшемуся термической нагрузке. При этом должны выполняться все требования Однако по выбору поставщика некоторые свойства и условия, которые не зависят от термического напряжения, могут оцениваться на тест-купоне, который не подвергался термической нагрузке

a) Если поставщик выберет оценку ненапряженного тест-купона для свойств в (b), то он может сделать это на любой операции после операции осаждения меди Если плата испытывает дополнительный нагрев свыше температуры T_g (температура стеклования) после нанесения медного покрытия, то оцениваемый ненапряженный тест-купон **должен** также подвергаться такому нагреву

b) Свойства, которые не зависят от термических напряжений, помимо прочих включают в себя пропуски в меди, складки/включения в металлизацию, заусенцы и наросты, выступающие стекловолокна, затекание припоя, пропуски металлизации в конечном покрытии, протравливание, негативное протравливание, толщина металлизации/покрытия, толщина слоя меди на внутреннем и внешнем слое или толщина фольги

Методы контроля:

- **Размер отверстия (опционный метод - IPC-TM-650, метод 2.2.7)**

A. Оптический

B. Калибры-пробки

C. Конусный калибр отверстия

Примечание: калибры отверстий должны быть очищены, и консервационная смазка должна быть удалена

- **Визуальное качество стенки отверстия**

A. Пропуски, наросты и т.п - определение невооруженным глазом, использование увеличения до 10X для проверки

B. Обесцвечивание, пятна и т.п - определение невооруженным глазом и/или тесты на паяемость.

Введение (продолжение)

Микрошлиф:

- **Измерения толщины покрытия**

A. Изучение с помощью залитого микрошлифа (IPC-TM-650, метод 2.1 1 или метод 2.1 1.2) Средняя толщина меди должна быть определена по трем измерениям, проводимым через примерно равные промежутки с каждой стороны металлизированного отверстия. Не проводите измерения на участках с отдельными дефектами, например, с пропусками, трещинами или наростами. Изменения в трещинах можно определить согласно рисункам ниже Участки малых размеров с толщиной покрытия меньше минимально необходимой оцениваются как пропуски.

B. Неразрушающий метод: Микроомические измерения (IPC-TM-650, метод 2.2 13.1): Этот метод можно использовать для измерения средней толщины меди в металлизированных отверстиях в случае надлежащей стандартизации. Метод применяется для измерения минимальной толщины меди Из-за зависимости от однородностей геометрии отверстия этот метод может не быть пригодным для измерений перфорированных металлизированных отверстий. Неразрушающая сущность данного метода, скорость и простота измерений делают его удобным для получения данных для статистического управления технологическим процессом.

C. Толщина покрытия. Минимальные требования к толщине регламентированы в стандартах серии IPC-6010.

- **Паяемость**

Образец из партии или репрезентативный образец должен быть подвергнут испытаниям на паяемость с помощью методов B, C или D стандарта ANSI/J-STD-003. Требования к надежности покрытия должны быть заранее установлены. Металлизированные отверстия должны хорошо смачиваться и обеспечивать сильный капиллярный эффект.



Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.1 Кольцевая площадка - внутренние слои

Для многослойных плат, помимо физических измерений на поверхности платы в случае обнаружения разрыва площадки на вертикальном микрошлифе, когда нельзя определить степень разрыва, внутреннюю структуру можно оценить неразрушающими методами, например, специальными шаблонами, зондами и/или с помощью специального программного обеспечения, которое обеспечивает выдачу информации путем интерполяции оставшейся площадки и перекоса рисунка. Эти методы помимо прочих включают в себя:

- Дополнительный купон F, описанный в IPC-2221.
- Специально спроектированные купоны для электрического теста.
- Методы радиографии
- Горизонтальный микрошлиф.
- Анализ данных CAD/CAM (САПР) для корреляции перекоса рисунков по слоям.

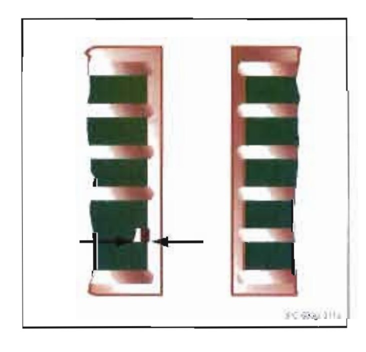
Примечание: Микрошлифы или статистические выборки **следует** использовать для проверки корреляции применяемого метода, и калибровочного стандарта, разработанного для данного метода.

Если обнаружена ошибка совмещения в точке разрыва на вертикальном микрошлифе, то это может повлечь за собой следующее:

1. Может быть несоблюдена минимальная ширина проводника в месте сопряжения площадки и проводника и
2. Недостаточный электрический зазор.

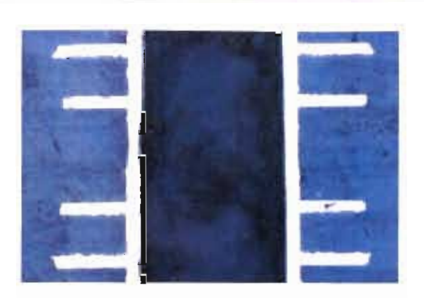
Нужно определить степень и направление разрыва. Соответствующие тест-купоны, например, описанные в IPC-2221, или фактические изготовленные платы **нужно** проверить на пораженных участках и проанализировать на подозреваемых слоях для оценки соответствия техническим требованиям.

Это можно выполнить с помощью указанных выше методов.



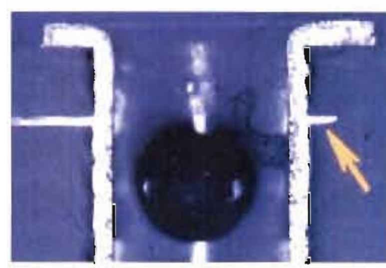
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.3.1 Кольцевая площадка - внутренние слои (продолжение)



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Все отверстия выполнены точно по центру площадки

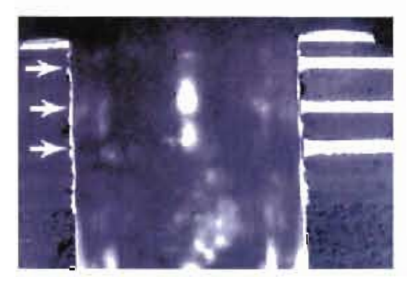


Приемлемо – класс 3

- Ширина кольца составляет 0.025 мм [0.000984 дюйма] или более.

Приемлемо – класс 1, 2

- Допускается разрыв отверстия при условии, что сопряжение площадка/проводник не уменьшилось ниже допустимого уменьшения ширины согласно 2.10.1 1 и соблюдается минимальное поперечное расстояние.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Если обнаружена ошибка совмещения в точке разрыва на вертикальном микрошлифе, то это может повлечь за собой следующее

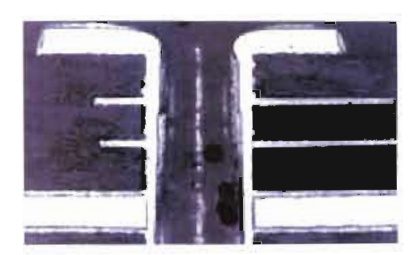
1. Может быть несоблюдена минимальная ширина проводника в месте сопряжения площадки и проводника и
2. Недостаточный электрический зазор

Нужно определить степень и направление разрыва. Соответствующие тест-купоны, например, описанные в IPC-2221, или фактические изготовленные платы **нужно** проверить на пораженных участках и проанализировать на подозреваемых слоях для оценки соответствия техническим требованиям

Это можно выполнить с помощью указанных выше методов

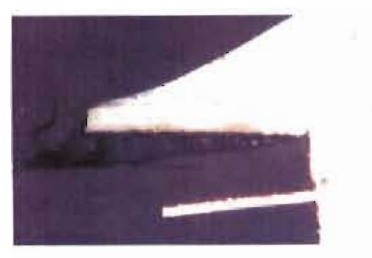
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.2 Отслоившиеся площадки - (микрошлифы)



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет отслоившихся контактных площадок



Приемлемо – класс 1, 2, 3

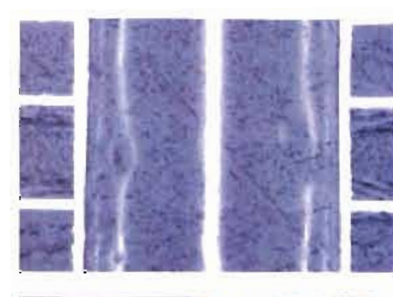
После испытаний на термоустойчивость или эмуляции ремонта:

- Допускаются отслоившиеся площадки



Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.3 Трещины в фольге - (фольга на внутренних слоях) трещина "С"



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет трещин в фольге.

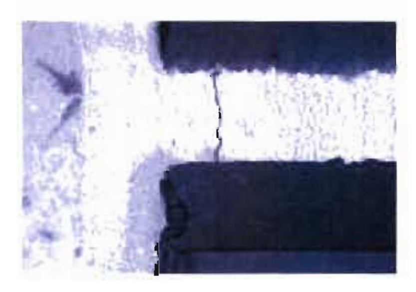
Приемлемо – класс 2, 3

- Нет признаков трещин в фольге.



Приемлемо – класс 1

- Допускаются только с одной стороны отверстия и **не должны** распространяться через всю толщину фольги

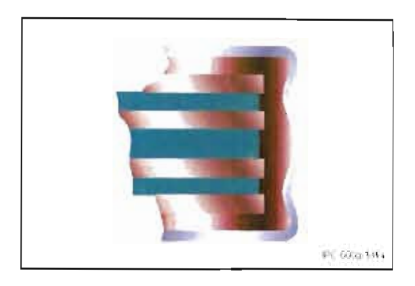


Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

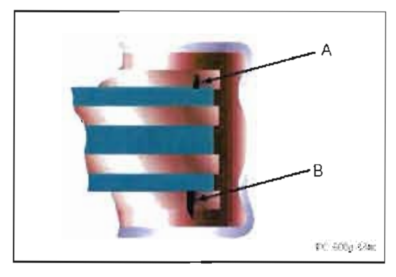
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.4 Трещины в фольге - (фольга на внешних слоях)



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет трещин в фольге.

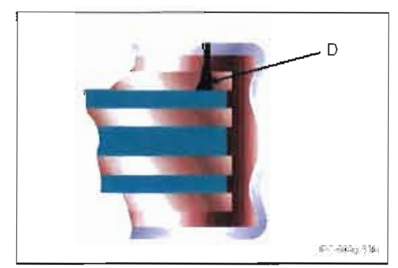


Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Трещина А

Приемлемо – класс 1

- Трещина В



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их



Примечание: Трещина "А" является трещиной в фольге внешнего слоя
Трещина "В" является трещиной, которая не полностью разрывает покрытия (остается минимальное покрытие).
Трещина "D" является полной трещиной через фольгу внешнего слоя и покрытие.

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.5 Трещина покрытия - (втулка) трещина "Е"



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Покрытие втулки не имеет трещин

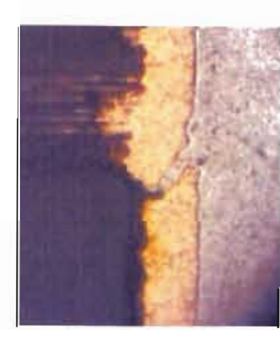
Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Нет трещин в покрытии.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их



Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.3.6 Трещина покрытия - (угол) трещина "F"



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет трещин в покрытии

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Нет трещин в покрытии



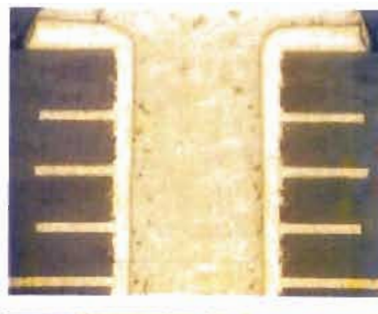
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их



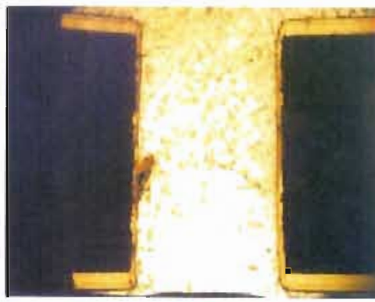
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.7 Наросты покрытия



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Покрытие гладкое и равномерное по всему отверстию Нет признаков шероховатостей или наростов



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Шероховатость или наросты не уменьшают толщину покрытия ниже абсолютно минимальных требований или диаметр отверстия ниже минимальных требований.

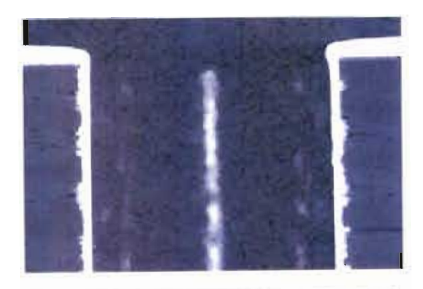


Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

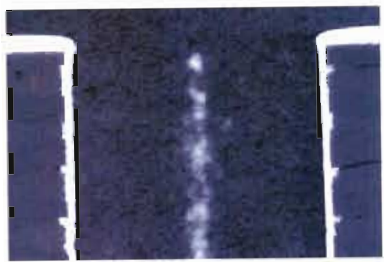
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.3.8 Толщина медного покрытия - стенка отверстия



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Покрытие гладкое и равномерное по всему отверстию Толщина покрытия соответствует требованиям



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Толщина покрытия изменяется, но соответствует минимальным требованиям и минимальным требованиям к площади с минимальной толщиной стандартов серии IPC-6010
- Участки малых размеров с толщиной покрытия меньше минимально необходимой считаются пропусками.

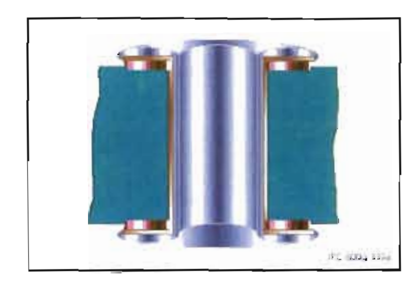


Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

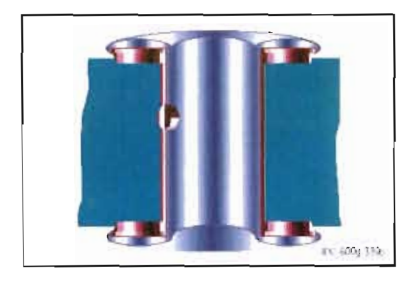
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.9 Пропуски покрытия



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- В отверстии нет пропусков.

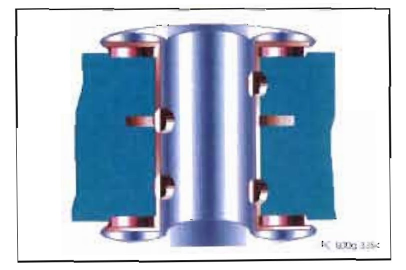


Приемлемо – класс 2, 3

- Не более одного пропуска покрытия на тест-купон или изготовленную плату, независимо от длины или размера.
- Нет пропусков покрытия свыше 5% от полной толщины печатной платы
- На границе внутреннего проводящего слоя и металлизированной стенки отверстия не наблюдается пропусков покрытия
- Пропуски покрытия охватывают не более 90° по окружности

Приемлемо – класс 1

- Не более трех пропусков покрытия на тест-купон или изготовленную плату, независимо от длины или размера
- Нет пропусков покрытия свыше 5% от полной толщины печатной платы
- На границе внутреннего проводящего слоя и металлизированной стенки отверстия не наблюдается пропусков покрытия.
- Пропуски покрытия охватывают не более 90° по окружности.



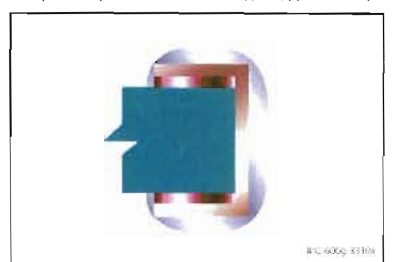
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

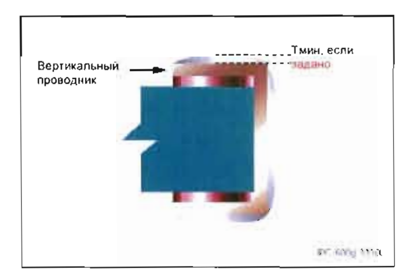
3.3.10 Толщина покрытия припоем (только если задано)

Толщина покрытия припоем, если она задана, **должна** оцениваться до испытаний на термоустойчивость



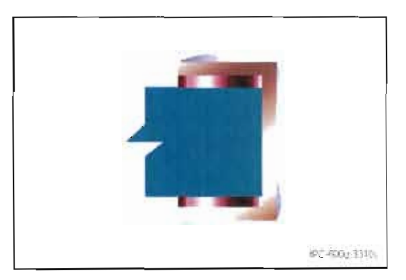
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Толщина покрытия припоем одинаковая, протравленный край площадки покрыт. Не видно открытой меди



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Толщина покрытия припоем одинаковая. Участки вертикальных сторон (проводника и контактной площадки) могут быть не покрыты Не видно открытой меди



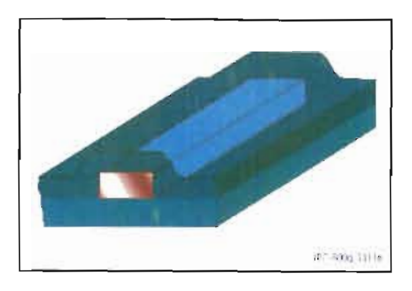
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Примечание: Требования к паяемости приведены в 5 1

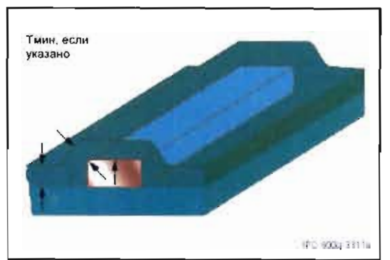
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.11 Толщина паяльного резиста



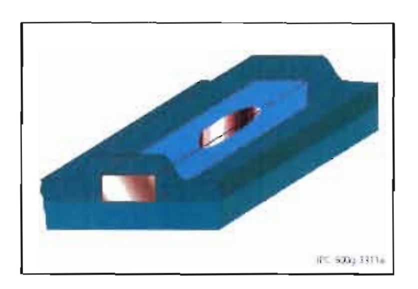
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Толщина как задано в документации на поставку



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Задано в документации: Толщина паяльного резиста соответствует требованиям к толщине, указанной в документации на поставку (нельзя оценить визуально).



Недопустимо – класс 1, 2, 3

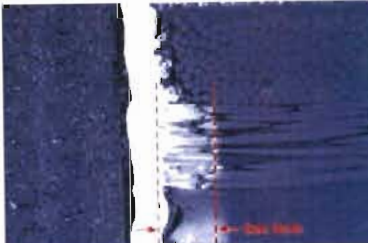
- Дефекты не соответствуют указанным выше критериям.

3.3.12 Затекание



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Отсутствует затекание.



Приемлемо – класс 3

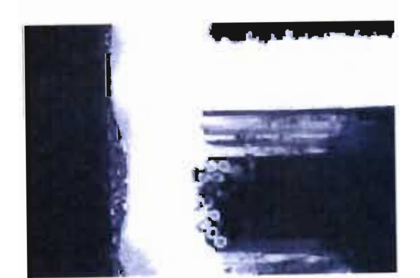
- Затекание не превышает 80 мкм [3150 мкдюйм]

Приемлемо – класс 2

- Затекание не превышает 100 мкм [3937 мкдюйм]

Приемлемо – класс 1

- Затекание не превышает 125 мкм [4291 мкдюйм]



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

Примечание: Затекание измеряется от края ламината без учета покрытия.

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.12.1 Затекание, отверстия с неприсоединенными слоями

A) Площадка на внешнем слое
B) Диэлектрик
C) Соседние несоединенные проводники
D) Покрытие поверхности

Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет затекания проводящего материала в материал основания или вдоль упрочняющего материала.

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Затекание (B) не уменьшает расстояние между проводниками ниже минимума, указанного в документации на поставку

Приемлемо – класс 3

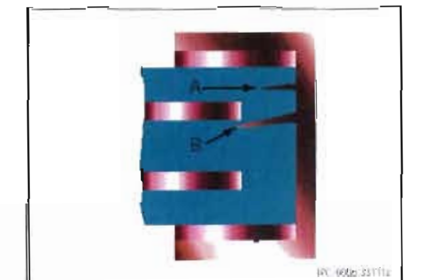
- Затекание (A) не превышает 80 мкм [3150 мкдюйм]

Приемлемо – класс 2

- Затекание (A) не превышает 100 мкм [3937 мкдюйм]

Приемлемо – класс 1

- Затекание (A) не превышает 125 мкм [4291 мкдюйм].

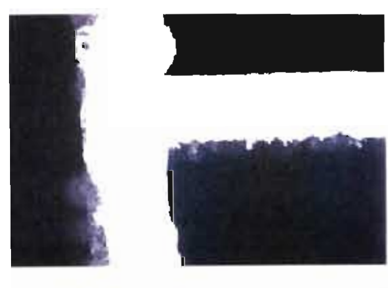


Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.3.13 Разделение внутренних слоев - вертикальный (осевой) микрошлиф



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Прямая связь осажденной меди с медью фольги Нет признаков разделения между внутренними слоями (разделение между внутренними площадками и покрытием стенки отверстия) или включений во внутренние слои

Приемлемо – класс 2, 3

- Не видно разделения



Приемлемо – класс 1

- Частичное разделение внутренних слоев или включения во внутренние слои только с одной стороны стенки отверстия в месте каждой площадки не более чем на 20% каждой имеющейся площадки.

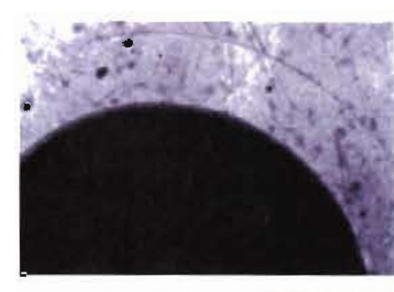


Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.14 Разделение внутренних слоев - горизонтальный (поперечный) микрошлиф



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет разделений между внутренним слоем и покрытием отверстия. Прямая связь осажденной меди со слоем медной фольги Линия разделения вызвана преимущественным травлением химически осажденной меди.

Приемлемо – класс 2, 3

- Не видно разделения.



Приемлемо – класс 1

- Небольшая линия границы и мелкие небольшие разделения между слоями, которые не превышают заданных требований.



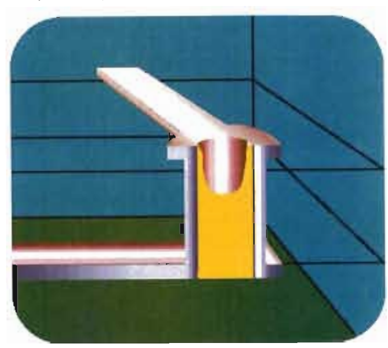
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.3.15 Заполнение материалом глухих и закрытых отверстий

Глухие межслойные отверстия должны быть заполнены или закрыты полимером или паяльном резистом для предотвращения попадания в них припоя, поскольку наличие припоя в небольших отверстиях может приводить к снижению надежности изделия. Неполное заполнение отверстий может привести к расслоению платы из-за быстрого расширения захваченного в них воздуха или составляющих флюса, попавшего в эти отверстия в процессе оплавления припоя. Требования к заполнению закрытых отверстий перечислены ниже



Приемлемо – класс 2, 3

- Не менее 60% закрытого отверстия заполнено ламинирующей смолой или аналогичным заполняющим материалом

Приемлемо – класс 1

- В закрытых отверстиях вообще нет заполняющего материала

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

Введение

В данном разделе описаны характеристики приемки металлизированных отверстий, выполненных сверлением. Несмотря на то, что приводятся только две характеристики (заусенцы и "шляпка гвоздя"), хорошее сверление очень важно для получения качественного металлизированного отверстия. Стенка просверленного отверстия должна быть гладкой, на ней не должно быть заусенцев, расслоений, выгораний, поврежденной изоляции и выступающих волокон. Отверстие должно быть перпендикулярным к плоскости платы, круглым и не коническим. Просверленное отверстие плохого качества может вызвать дефекты, которые описаны в других разделах данного документа, например, следующие:

- Шероховатое покрытие
- Наросты
- Пропуски покрытия
- Тонкая металлизация
- Трещины покрытия (на стенке отверстия, в углу)
- Затекание припоя (избыточное)
- Уменьшение размера отверстия
- Розовое кольцо
- Раковины в отверстиях, возникающие при пайке
- Пропуск металлизации

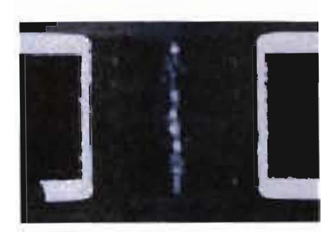
На физические характеристики конкретного отверстия влияют один или несколько из следующих факторов:

- Угол оси сверла
- Скорость вращения сверла
- Скорость подачи сверла
- Острота сверла

"Шляпка гвоздя" - это эффект, которое может возникнуть во время сверления. Изношенные сверла, неправильные скорости вращения и подачи и/или мягкая подкладка и кондукторы обычно приводят к шляпкам гвоздя. Этот эффект является допустимым для всех классов.

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.4.1 Заусенцы



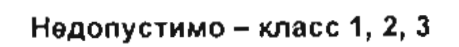
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет признаков заусенцев.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Заусенцы допустимы для всех классов при условии, что они не уменьшают диаметр отверстия и толщину покрытия ниже допустимого минимума



Недопустимо – класс 1, 2, 3

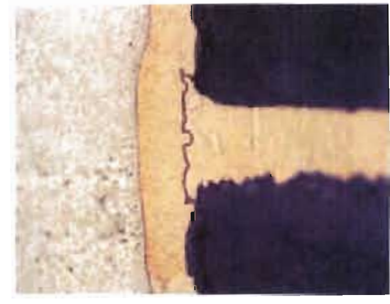
- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

3.4.2 Шляпка гвоздя

Нет никаких доказательств того, что шляпки гвоздя отрицательно влияют на работу изделий. Наличие шляпок гвоздя можно рассматривать как индикатор процесса или стимул к изменению конструкции, но не как причину для отбраковки. См также оценку повреждения пучка волокон





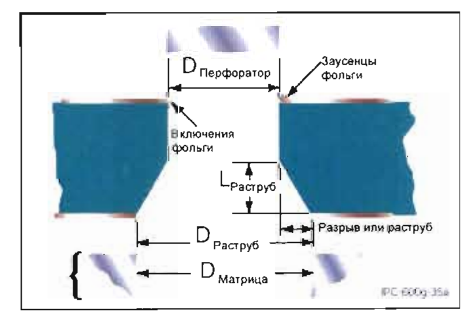
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

Введение

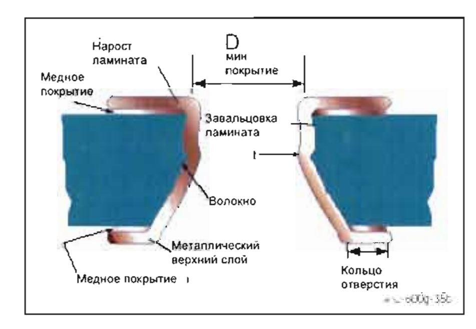
На рисунках ниже показано перфорированное отверстие и перфорированное и металлизированное отверстие в упрочняющем ламинате. На рисунках показаны характеристики, которые можно оценить у перфорированного отверстия. Перфорированные отверстия могут выглядеть иначе, по сравнению с просверленными. Просверленные отверстия имеют прямую геометрию стенки, в то время как геометрия перфорированных отверстий может изменяться от прямой формы до тех, которые показаны на рисунках. Различие в характеристиках отверстий связано со следующими факторами:

- Тип и толщина ламината
- Толщина и тип покрытия
- Конструкция вырубного штампа
- Техническое обслуживание инструмента
- Метод обработки

Тип ламината очень важен для определения возможности перфорирования в нем отверстий. Сложно перфорировать ламинаты, в которых материалом основания является ткань. Составные материалы, использующие верхние и нижние листы из ткани и внутренний слой из случайно ориентированных волокон, легко перфорируются, и геометрия отверстия приближается к геометрии просверленного отверстия с прямой стенкой. Зазор и острота вырубного штампа также важны для получения прямой стенки и малого раструба. Величина раструба, заусенцы фольги, включения фольги, нарост ламината и завальцовка ламината, показанные на рисунках, не обязательно ухудшают качество металлизированного отверстия и приемлемы для всех классов, при условии, что остальные требования соответствуют техническим условиям и конструкторской документации.



Перфорированное

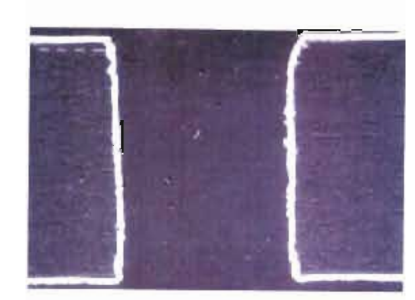


Перфорированное и металлизированное

Хотя заусенцы и волокна могут наблюдаться и в геометрии прямой стенки просверленного отверстия, понятия раструба и включений относятся именно к методам формирования перфорированных отверстий. Включение медной фольги внутрь перфорированного отверстия может произойти из-за большого зазора в вырубном штампе или тупого перфоратора. Конический раструб или разрыв является нормальным условием с выходной стороны перфорированного отверстия, он может быть вызван напряжением, накапливающимся в ламинате во время формирования отверстия. Угол раструба можно регулировать изменением зазора вырубного штампа и других рабочих параметров.

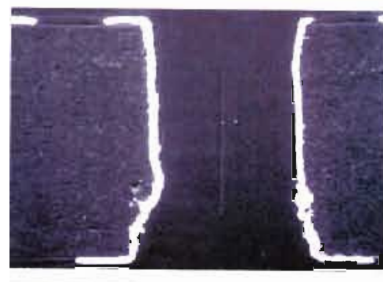
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.5.1 Шероховатость и наросты



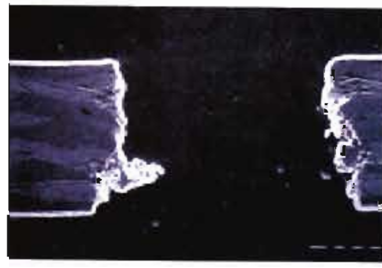
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Покрытие гладкое и равномерное по всему отверстию. Нет признаков шероховатостей или наростов



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Шероховатость или наросты не уменьшают толщину покрытия или диаметр отверстия ниже минимальных требований.

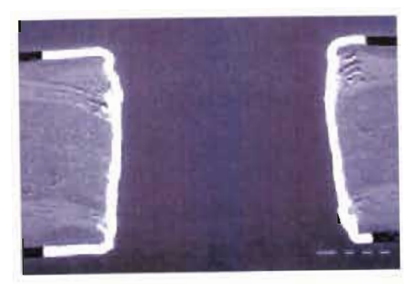


Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

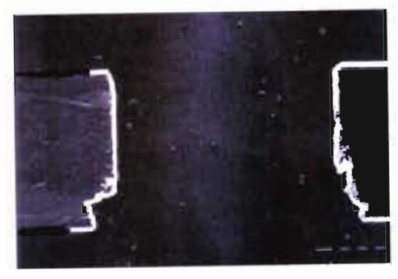
Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах

3.5.2 Раструб



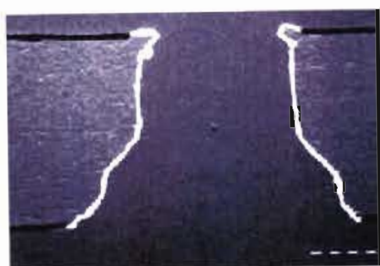
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- В отверстии заметен только небольшой раструб и не нарушены требования к минимальной ширине контактной площадки.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- В отверстии заметен раструб, но не нарушены требования к минимальной ширине контактной площадки.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их

Визуальные наблюдения выполняются только на микрошлифах.

Введение

В данном разделе описаны критерии приемки для некоторых специальных типов печатных плат. Особые характеристики этих специальных типов плат требуют дополнения общих условий приемки. Для каждого специального типа платы в этом разделе описано, каким образом дополняются общие критерии приемки. Рассмотрены следующие специальные типы плат:

- Гибкие
- Жестко-гибкие
- С металлическим основанием
- С плоской поверхностью

4.1 ГИБКИЕ И ЖЕСТКО-ГИБКИЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

Введение

В данном разделе описаны критерии приемки для гибких и жестко-гибких печатных плат. Не описанные в данном разделе параметры должны оцениваться с помощью других разделов этого документа.

Цифровой указатель типа для гибких и жестко-гибких печатных плат отличается от аналогичного для жестких печатных плат Различные типы гибких и жестко-гибких печатных плат определены следующим образом:

Тип 1 Односторонняя гибкая печатная плата, содержащая один проводящий слой с элементами жесткости или без них.

Тип 2. Двухсторонняя гибкая печатная плата, содержащая два проводящих слоя с металлизированными отверстиями с элементами жесткости или без них.

Тип 3. Многослойная гибкая печатная плата, содержащая три или более проводящих слоя с металлизированными отверстиями с элементами жесткости или без них

Тип 4. Многослойная комбинация жестких и гибких материалов, содержащая три или более проводящих слоя с металлизированными отверстиями.

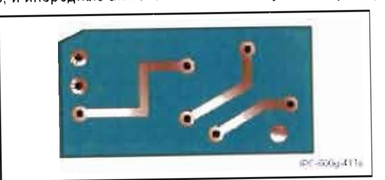
Тип 5 Гибкая или жестко-гибкая печатная плата, содержащая два или более проводящих слоя без металлизированных отверстий

При указании в данном разделе типа гибкой и жестко-гибкой печатной платы будут использоваться приведенные выше определения

В этом документе не описаны физические требования к гибкости на перегиб и к устойчивости к сгибанию Если эти требования содержатся в документации на поставку, то смотрите стандарт IPC-6013.

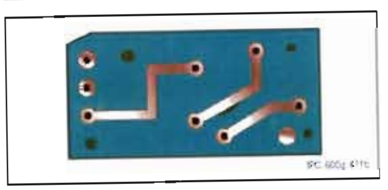
4.1.1 Покрытие покровным слоем - отделение покровной пленки

Такие дефекты, как складки, морщины и отслоение, являются допустимыми, если они не превышают указанных ниже пределов, и инородные включения соответствуют этому документу.



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Равномерное и без разделений и расслоений
- Нет морщин, сгибов и трубкообразных дефектов



Приемлемо – класс 1, 2, 3

Расслоение **должно** соответствовать следующим критериям:

- В случайно расположенных местах в стороне от проводников каждое разделение не превышает 0.80 x 0.80 мм [0.0315 x 0.0315 дюйма] и не находится ближе 1.0 мм [0.0394 дюйма] к краю платы или к проему в покрывающей пленке.
- Полное число отделений не превышает трех на любом участке поверхности покрывающей пленки размером 25 x 25 мм [0.984 x 0.984 дюйма]
- Полное разделение не превышает 25% от расстояния между соседними проводниками.
- Нет никакого отслоения вдоль наружных кромок покрывающей пленки



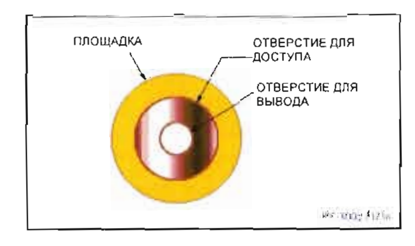
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

4.1.2 Покровный слой/покрытие покровным слоем - адгезивы

Требования к покрытию покровным слоем **должны** быть такими же, как к покрытиям паяльным резистом (паяльной маской) в разделе данного документа о жестких платах. В данном разделе описаны критерии приемки для покрытия покровным слоем, включая выдавливание адгезива поверх паяемой поверхности площадки и поверхности фольги.

4.1.2.1 Выдавливание адгезива - площадь площадки

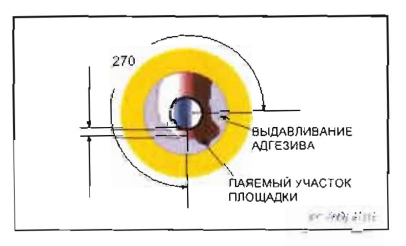


Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- На площадках нет нежелательного материала

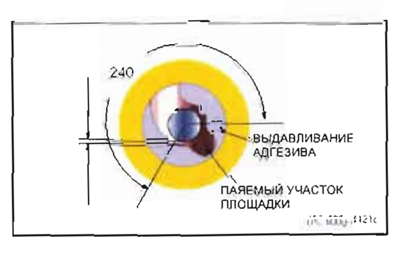
Приемлемо – класс 3

- Паяемое кольцо 0.05 мм [0.00197 дюйма] для 360° по окружности.



Приемлемо – класс 2

- Паяемое кольцо 0.05 мм [0.00197 дюйма] для 270° по окружности.



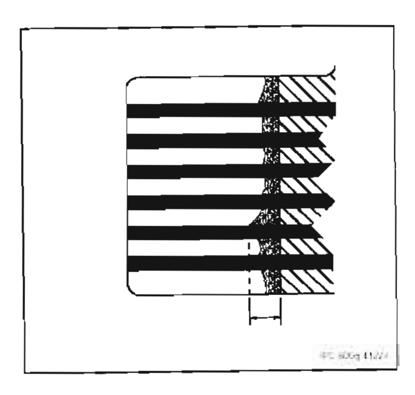
Приемлемо – класс 1

- Паяемое кольцо не менее чем для 240° по окружности.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты либо не соответствуют указанным выше критериям, либо превышают их.

4.1.2.2 Выдавливание адгезива - поверхность фольги



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- На поверхности фольги нет нежелательного материала

Приемлемо – класс 3
фольга 70 мкм и меньше

- ≤0.2 мм [0.0079 дюйма].

фольга больше 70 мкм

- ≤0.4 мм [0.0157 дюйма] или по договоренности с изготовителем

Приемлемо – класс 1, 2
фольга 70 мкм и меньше

- ≤0 3 мм [0.0118 дюйма].

фольга больше 70 мкм

- ≤0 5 мм [0.0197 дюйма] или по договоренности с изготовителем.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии

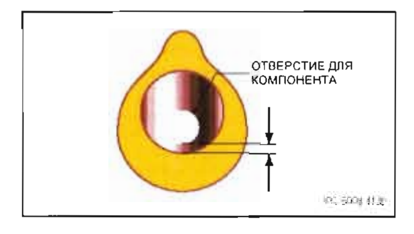
4.1.3 Совмещение отверстия доступа с покровным слоем и элементами жесткости

В случаях, когда к площадкам прикреплены анкерные выступы, они **должны** быть накрыты покровным слоем



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Соответствие номинальным требованиям на совмещение.



Приемлемо – класс 3

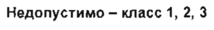
- Покровный слой или элемент жесткости не заходит на отверстие.
- Для металлизированных отверстий паяемое кольцо 0.05 мм [0.00197 дюйма] или более по полной окружности.
- Для неметаллизированных отверстий паяемое кольцо 0.25 мм [0.00984 дюйма].

Приемлемо – класс 2

- Покровный слой или элемент жесткости не заходит на отверстие.
- Для металлизированных отверстий паяемое кольцо для 270° или более окружности.

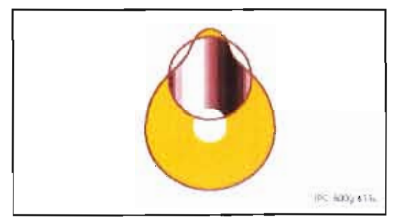
Приемлемо – класс 1

- Покровный слой или элемент жесткости не заходит на отверстие.
- Для металлизированных отверстий паяемое кольцо для 180° или более окружности.

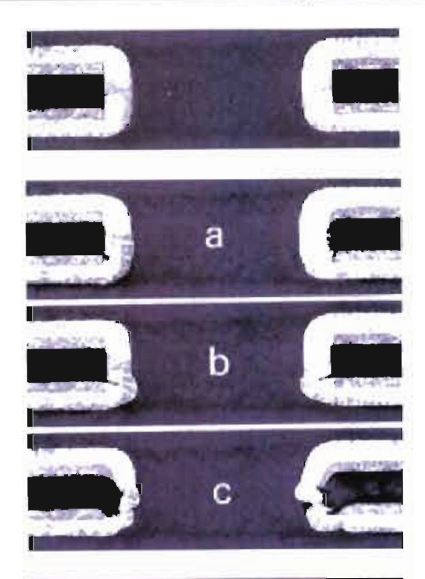


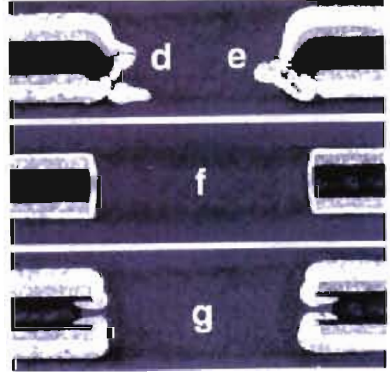
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефект превышает указанные выше критерии.



4.1.4 Дефекты металлизации





Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Покрытие металлизации является равномерным и соответствует требованиям к минимальной толщине.
- Нет дефектов в металлизации и в материале основания.

Приемлемо – класс 1, 2, 3

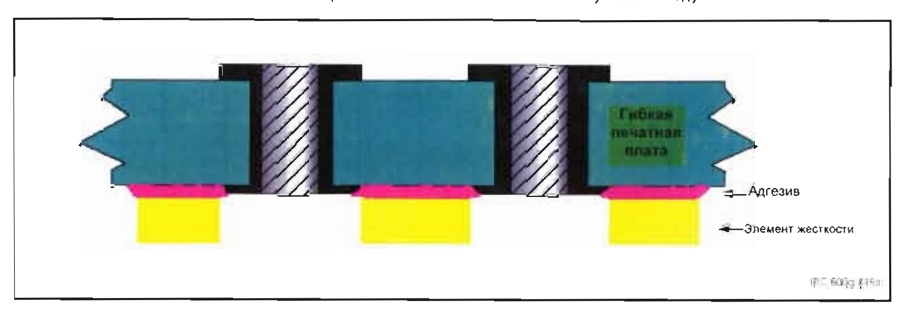
- Имеются небольшие дефекты, но минимальные требования выполнены.
  - a Небольшая деформация материала основания платы и небольшое размазывание.
  - b Небольшой нарост адгезива или нитей диэлектрика но толщина меди соответствует минимальным требованиям.
  - c Малые участки тонкой и неоднородной металлизации, медь немного тоньше в одном углу, немного выступает материал основания, но толщина меди соответствует минимальным требованиям.
  - d. Нить адгезива не вызывает трещин в металлизации.
  - e. Наросты, выступы и деформация материала основания не нарушают требований на минимальный размер отверстия.
  - f Металлизация не нарушает требований на минимальную толщину.
  - g Нет пропусков по окружности.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

4.1.5 Приклеивание элементов жесткости

Элемент жесткости оценивается по величине прочности связи согласно описанному ниже методу испытаний.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Механическая опора необходима; приклеивания, свободного от пропусков, не требуется.
- Элемент жесткости или адгезив, используемый для закрепления элемента жесткости, не уменьшает ширины паяемого кольца ниже минимальных размеров.
- Пропуски в адгезиве элемента жесткости.
- Усилие отрыва соединения не менее 0,055 кг/мм ширины, при испытаниях по следующему методу

Метод испытаний: С помощью острого инструмента, например, скальпеля или лезвия бритвы, вырежьте полоску примерно 10 мм [0 394 дюйма] ширины на 80 мм [3 15 дюйма] длины сквозь гибкий проводник к элементу жесткости, так, чтобы примерно половину операции отделения образец был перпендикулярен к усилию отделения. Отделяйте полоску со скоростью 50 ± 6.3 мм/мин Измерьте усилие отделения в начале, в середине и в конце процесса отделения и усредните показания для применения критерия приемки. Усилие отделения гибкого проводника от элемента жесткости **должно** быть не менее 0,055 кг/мм ширины

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

4.1.6 Зона перехода, жесткий участок в гибкий участок

Зона перехода - это участок с центром у края жесткой части, от которой начинается гибкая часть. Участок контроля ограничен расстоянием 3 мм [0.12 дюйма] вокруг центра перехода, которым является край жесткой части.



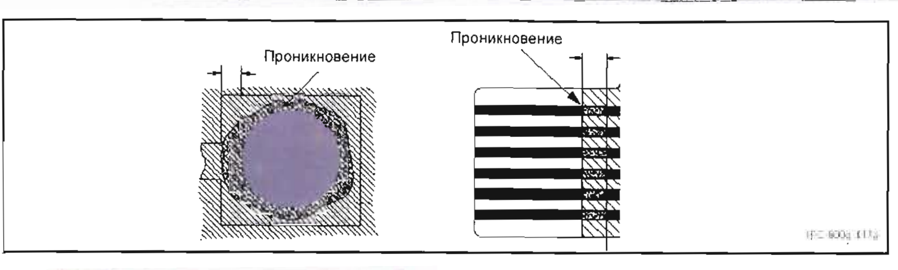
Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Выдавливание адгезива
- Локальные деформации диэлектрика или проводников.
- Выступающий диэлектрический материал

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

4.1.7 Затекание припоя/миграция металлизации под покровный слой





Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Припой или металлизация на площадке закрывает весь металл и останавливается у покровного слоя.
- Затекание припоя или миграция металлизации не захватывает изгиб или зону гибкого перехода

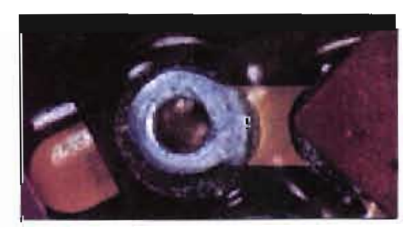


Приемлемо – класс 3

- Затекание припоя/миграция металлизации не распространяется под покровным слоем дальше, чем на 0.3 мм [0.012 дюйма]
- Затекание припоя или миграция металлизации не захватывает изгиб или зону гибкого перехода.
- Расстояние между проводниками соответствует минимальным требованиям.

Приемлемо – класс 2

- Затекание припоя/миграция металлизации не распространяется под покровным слоем дальше, чем на 0.5 мм [0.020 дюйма].
- Затекание припоя или миграция металлизации не захватывает изгиб или зону гибкого перехода
- Расстояние между проводниками соответствует минимальным требованиям.



Приемлемо – класс 1

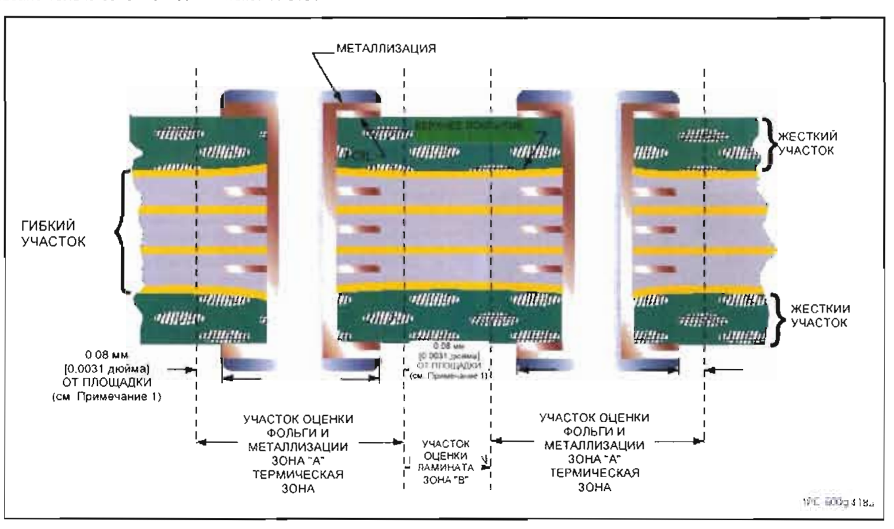
- По договоренности между пользователем и поставщиком
- Затекание припоя или миграция металлизации не захватывает изгиб или зону гибкого перехода
- Расстояние между проводниками соответствует минимальным требованиям

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

4.1.8 Целостность ламината

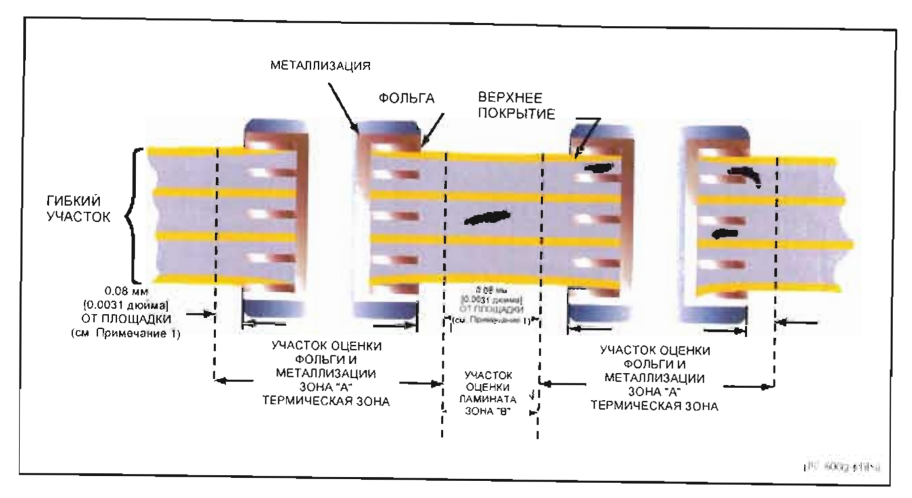
В данном разделе показаны пропуски и трещины, которые могут присутствовать на гибких и жестко-гибких печатных платах Требования к гибким печатным платам отличаются от требований к жестко-гибким платам и определены в тексте, хотя показано только сечение жестко-гибкой платы.



Примечания: 1 Термическая зона распространяется на 0.08 мм [0 0031 дюйма] за край площадки, внутренней или внешней, имеющей наибольшие размеры в радиальном направлении.
2 Аномалии или дефекты ламината на участках зоны А не оцениваются на образцах, которые подвергались воздействию термических напряжений или эмуляции ремонта.
3. Несколько пропусков или трещин между металлизированными отверстиями на гибком участке и в одной плоскости не должны иметь суммарную длину, превышающую допустимый предел.

Предпочтительно
• Нет пропусков или трещин ламината.

4.1.8.1 Целостность ламината - гибкая печатная плата



Предпочтительно
- Нет пропусков или трещин ламината

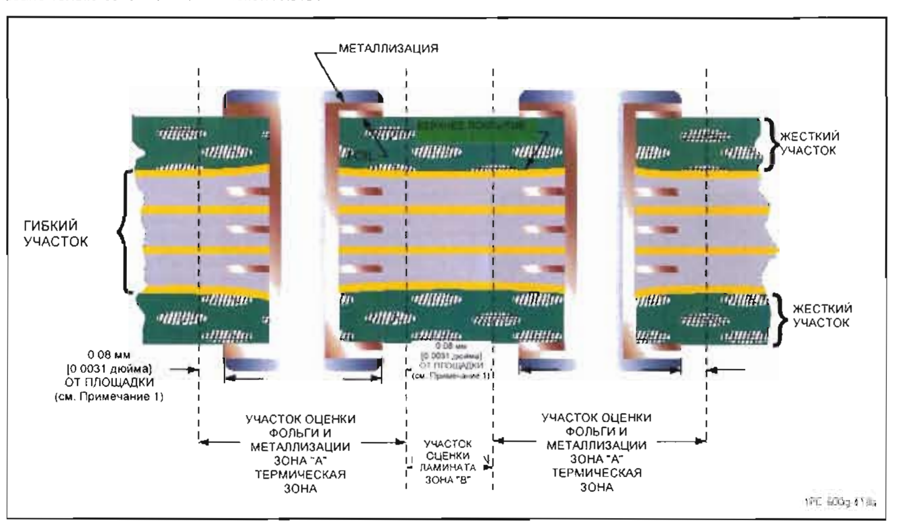
Приемлемо – класс 1, 2, 3
- Пропуски и трещины ламината не оцениваются в зоне А.
- Пропуски или трещины ламината на гибкий печатной плате не превышают 0.50 мм [0.020 дюйма] в зоне В.

Недопустимо – класс 1, 2, 3
- Дефекты превышают указанные выше критерии.

Примечания: 1 Термическая зона распространяется на 0.08 мм [0.0031 дюйма] за край площадки, внутренней или внешней, имеющей наибольшие размеры в радиальном направлении.
2 Несколько пропусков или трещин между металлизированными отверстиями на гибком участке и в одной плоскости **не должны** иметь суммарную длину, превышающую допустимый предел для всех классов

4.1.8 Целостность ламината

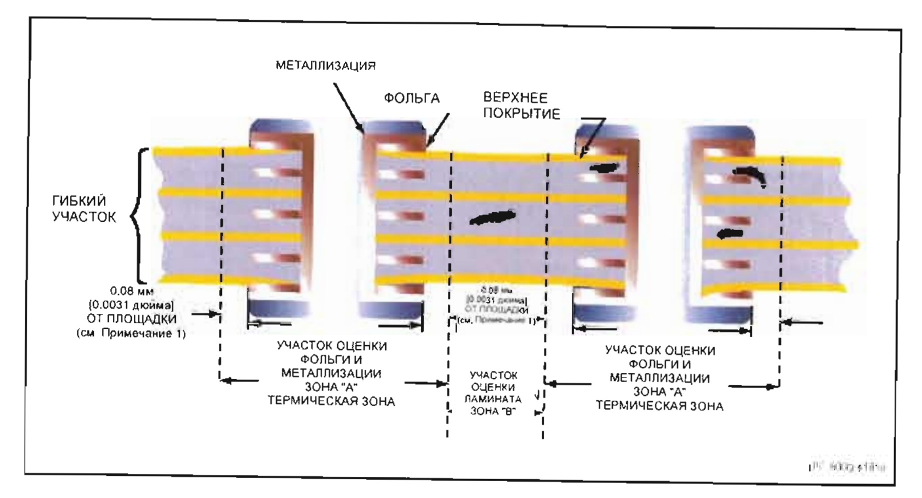
В данном разделе показаны пропуски и трещины, которые могут присутствовать на гибких и жестко-гибких печатных платах Требования к гибким печатным платам отличаются от требований к жестко-гибким платам и определены в тексте, хотя показано только сечение жестко-гибкой платы.



Примечания: 1 Термическая зона распространяется на 0.08 мм [0 0031 дюйма] за край площадки, внутренней или внешней, имеющей наибольшие размеры в радиальном направлении.
2 Аномалии или дефекты ламината на участках зоны А не оцениваются на образцах которые подвергались воздействию термических напряжений или эмуляции ремонта.
3 Несколько пропусков или трещин между металлизированными отверстиями на гибком участке и в одной плоскости не должны иметь суммарную длину, превышающую допустимый предел.

Предпочтительно
• Нет пропусков или трещин ламината.

4.1.8.1 Целостность ламината - гибкая печатная плата



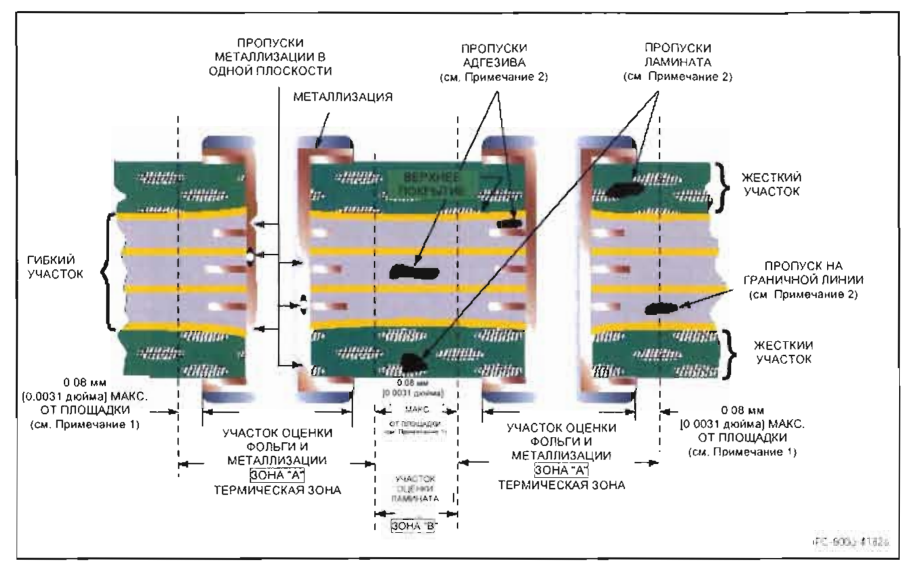
Предпочтительно
- Нет пропусков или трещин ламината.

Приемлемо – класс 1, 2, 3
- Пропуски и трещины ламината не оцениваются в зоне А.
- Пропуски или трещины ламината на гибкий печатной плате не превышают 0.50 мм [0 020 дюйма] в зоне В.

Недопустимо – класс 1, 2, 3
- Дефекты превышают указанные выше критерии.

Примечания: 1 Термическая зона распространяется на 0.08 мм [0.0031 дюйма] за край площадки, внутренней или внешней, имеющей наибольшие размеры в радиальном направлении.
2 Несколько пропусков или трещин между металлизированными отверстиями на гибком участке и в одной плоскости **не должны** иметь суммарную длину, превышающую допустимый предел для всех классов

4.1.8.2 Целостность ламината - жестко-гибкая печатная плата



Предпочтительно

- Нет пропусков или трещин ламината

Приемлемо – класс 2, 3

- Пропуски и трещины ламината не оцениваются в зоне А.
- Пропуски или трещины ламината на жестком участке жестко-гибкой печатной плате не превышают 0.08 мм [0.0031 дюйма] в зоне В.
- Пропуски или трещины ламината на гибком участке жестко-гибкой печатной плате не превышают 0.5 мм [0.020 дюйма] в зоне В

Приемлемо – класс 1

- Пропуски ламината не оцениваются в зоне А
- Пропуски или трещины ламината на жестко-гибком участке жестко-гибкой печатной плате не превышают 0 15 мм [0.00591 дюйма] в зоне В.

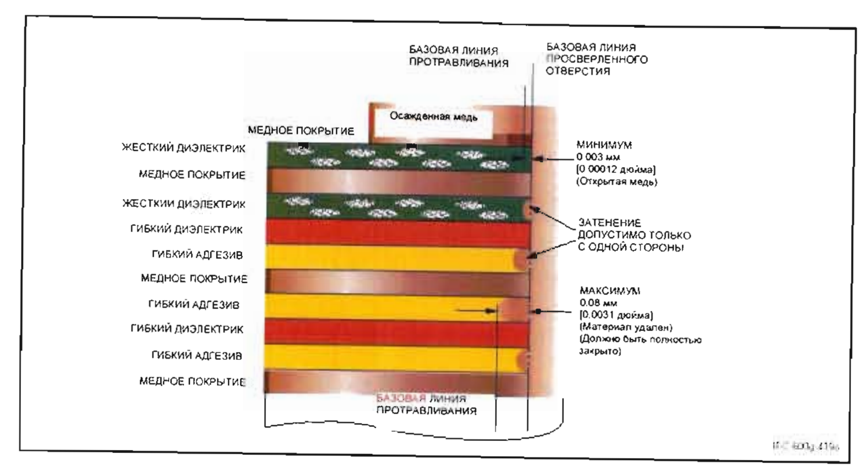
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

Примечания: 1 Термическая зона распространяется на 0.08 мм [0 0031 дюйма] за край площадки, внутренней или внешней имеющей наибольшие размеры в радиальном направлении

2. Несколько пропусков или трещин между металлизированными отверстиями на гибком участке и в одной плоскости **не должны** иметь суммарную длину, превышающую предел для всех классов.

4.1.9 Протравливание (только тип 3 и тип 4)



Предпочтительно/Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Протравливание до глубины от 0.003 мм [0.00012 дюйма] до 0.08 мм [0.0031 дюйма].
- С одной стороны каждой площадки допускается затенение.

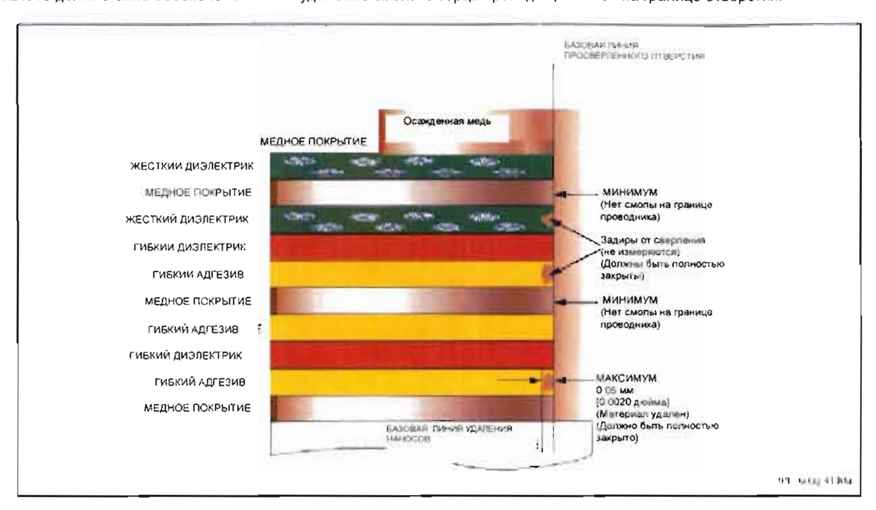
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

Примечание: Из-за использования в жестко-гибких печатных платах различных материалов степень селективного травления для этих материалов будет разной.

4.1.10 Удаление наносов (только тип 3 и тип 4)

Удаление наносов определяется как удаление остатков смолы, образовавшихся в процессе формирования отверстия. В результате должно быть обеспечено полное удаление смолы с торца проводящего слоя на границе отверстия.



Предпочтительно/Приемлемо – класс 1, 2, 3

- В процессе удаления наносов **не должно** стравливаться более чем 0.025 мм [0.001 дюйма]
- Случайные задиры или канавки сверления, создающие небольшие участки, где была превышена глубина 0.025 мм [0.001 дюйма], при условии, что сохраняется диэлектрический зазор
- Удаление наносов успешно соответствует критериям приемки для разделения металлизации (3.3.13)

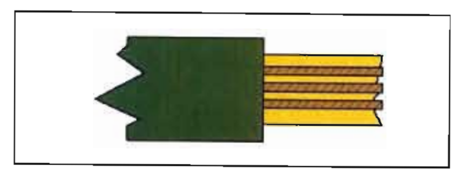
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

4.1.11 Отрезанные кромки/расслоение на кромке

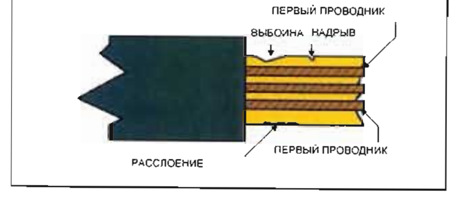
На отрезанной кромке гибкой печатной платы или гибкого участка жестко-гибкой платы не **должно** быть заусенцев, выбоин, расслоения или надрывов, превышающих нормы, разрешенные в документации на поставку. В документации на поставку **должно** быть указано минимальное расстояние от края до проводника





Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Нет выбоин и надрывов. Обеспечивается минимальное расстояние от края до проводника.
- На отрезанной кромке гибкой печатной платы или гибкого участка жестко-гибкой платы нет заусенцев, выбоин, расслоения или надрывов.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Нет выбоин и надрывов, превышающих нормы, указанные в документации на поставку.
- Выбоины и надрывы, возникшие в результате закрепления ушек для упрощения снятия платы, должны быть оговорены между пользователем и поставщиком.
- Расстояние от края до проводника в гибкой части платы соответствует требованиям, указанным в документации на поставку.
- Выбоины или ореолы вдоль кромок гибкой печатной платы, прорезей и неметаллизированных отверстий при условии, что проникновение не превышает 50% расстояния от края до ближайшего проводника или не более 2.5 мм [0.0984 дюйма], берется меньшее значение.



Приемлемо - По договоренности между пользователем и поставщиком.

- Если выбоины и надрывы возникли в результате закрепления ушек для упрощения снятия платы, то степень этих дефектов не должна превышать требований, оговоренных между пользователем и поставщиком.

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

Введение

Имеется два типа плат с металлическим основанием, оба имеют один или несколько проводящих рисунков с каждой стороны от изолированной металлической подложки Внутренние соединения между проводящими рисунками выполняются металлизированными отверстиями.

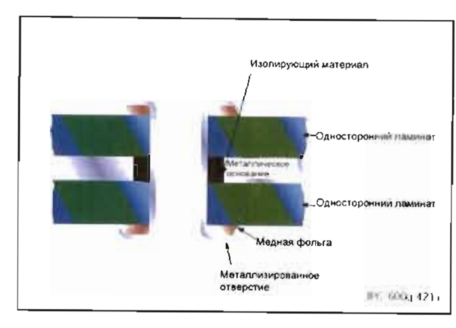
У первого типа, в случае двусторонних плат, металлическое основание ламинировано с каждой стороны односторонним ламинатом с медным покрытием для образования двухсторонней платы, на которой проводники затем вытравливаются и металлизируются с помощью обычных технологических процессов для печатных плат. В многослойных применениях дополнительные протравленные внутренние слои могут быть ламинированы до основания или нескольких оснований Металлические основания могут служить в качестве теплоотвода, слоя питания или заземления или как ограничивающий слой для уменьшения коэффициента теплового расширения (КТР) в плоскости платы.

Для такого типа плат основания обычно алюминиевые, медные или (для уменьшения КТР) из инвара или молибдена с медным покрытием. Если основание электрически не соединяется с цепями (это обычно имеет место для алюминиевых оснований), то до этапа ламинирования в основании в местах расположения переходных отверстий просверливаются или перфорируются отверстия и заполняются изоляционным материалом. Медные основания могут быть электрически подключены с помощью металлизированных отверстий Однако основание из инвара и молибдена с медным покрытием требует специальной обработки для выполнения приемлемого электрического соединения.

Во втором типе печатных плат с металлическим основанием отверстия просверливаются, перфорируются или формируются механическими методами в непокрытом основании и затем покрываются изоляционным материалом путем напыления, процессов электрофореза или методов в кипящем слое На покрытии не должно быть проколов и оно должно быть номинальной толщины, необходимой для предотвращения электрических утечек и дугового пробоя. После покрытия на изоляционный слой осаждается медь, травятся проводники и металлизируются отверстия Для этого типа плат основание может быть медным, алюминиевым или стальным и чаще всего выполняет функции теплоотвода или элемента жесткости.

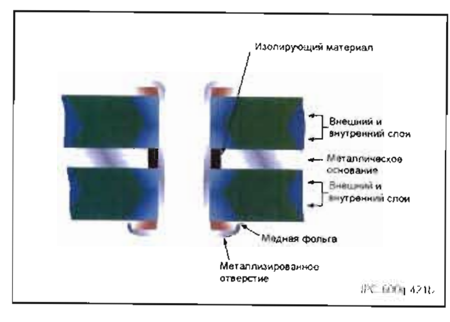
4.2.1 Классификация типов

Типы печатных плат с металлическим основанием



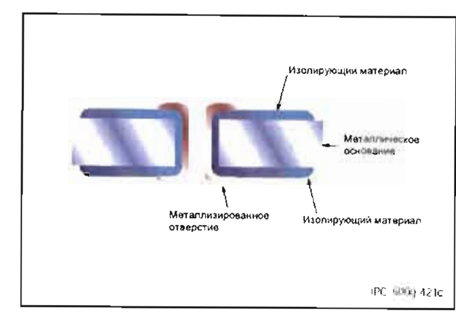
Печатная плата с металлическим основанием ламинированного типа

- Один проводящий слой с обеих сторон, изолированный от металлического основания. Проводящим материалом является медная фольга или электролитическая медь



Многослойная плата с металлическим основанием ламинированного типа

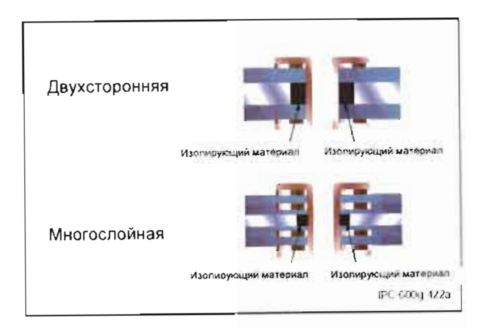
- Более чем один проводящий слой с обеих сторон, изолированный от металлического основания. Проводящим материалом является медная фольга или электролитическая медь.



Плата с металлическим основанием типа изолированный металл - подложка

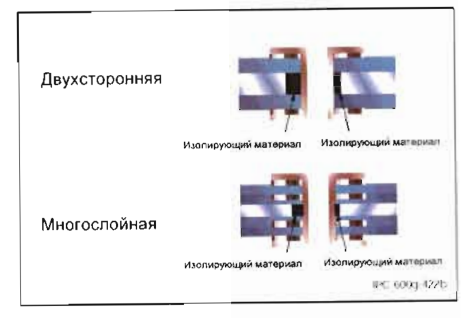
- Один проводящий слой с обеих сторон, изолированный от металлического основания. Проводящим материалом является химически осажденная медь Затем тонкий слой меди наносится на все поверхности. После этого используются стандартные технологии изготовления печатной платы. Данным способом обычно получают двухсторонние платы

4.2.2 Платы с изолированными отверстиями в металлическом основании



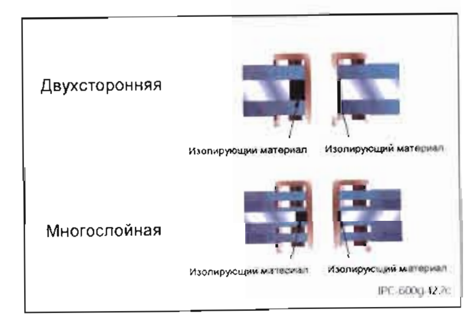
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Расстояние между металлическим основанием и соседними проводящими поверхностями превышает 0.1 мм [0 0040 дюйма].



Приемлемо – класс 1, 2, 3

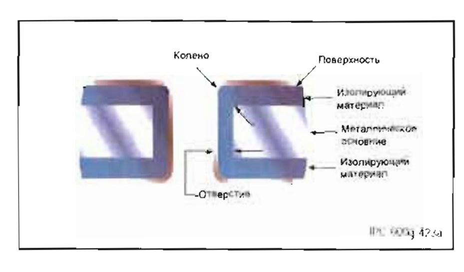
- Расстояние между металлическим основанием и металлизированным отверстием или между металлическим основанием и соседними проводящими поверхностями превышает 0 1 мм [0.0040 дюйма].



Недопустимо – класс 1, 2, 3

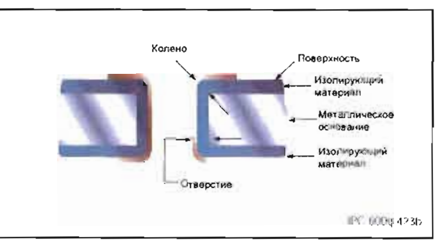
- Дефекты превышают указанные выше критерии.

4.2.3 Толщина изоляции, изолированное металлическое основание



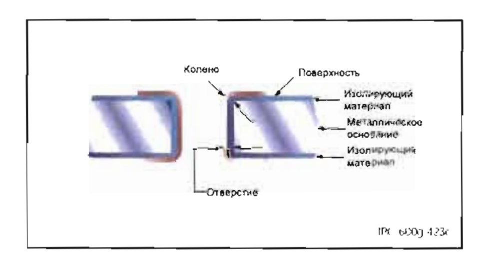
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Толщина изоляции превышает требования приведенной ниже таблицы.



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Толщина изоляции соответствует требованиям приведенной ниже таблицы



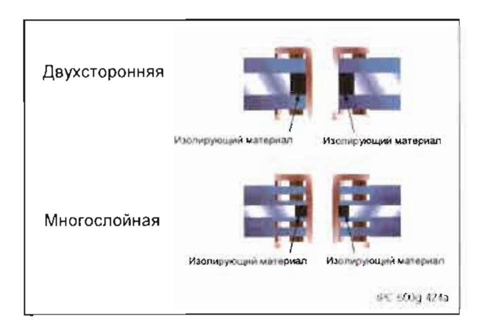
Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

Описание	Процесс изоляции*			
	A	B	C	D
Отверстие (минимум)	0 050 мм [0 0020 дюйма]	0.025 мм [0 000984 дюйма] - 0.065 мм [0.00256 дюйма]	0 125 мм [0 004921 дюйма]	0 125 мм [0 004921 дюйма]
Поверхность (минимум)	0 050 мм [0 0020 дюйма]	0.025 мм [0 000984 дюйма] - 0.065 мм [0.00256 дюйма]	0.125 мм [0 004921 дюйма]	Н/Р
Колено** (минимум)	0 025 мм [0 000984 дюйма]	0 025 мм [0.000984 дюйма]	0.075 мм [0 00295 дюйма]	Н/Р

*Применяется только к платам с изолированным металлическим основанием
** Место сопряжения стенки отверстия и плоскости платы
Процесс А - Напыление покрытия
Процесс В – Осаждение методом электрофореза
Процесс С - Технология кипящего слоя
Процесс D - Заливка

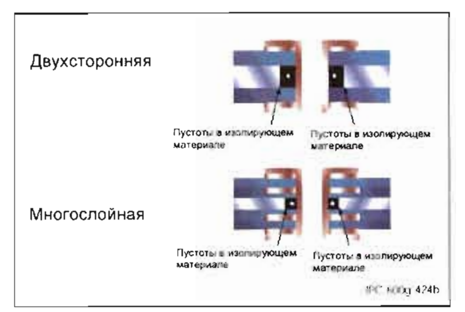
4.2.4 Заполнение изоляционным материалом, металлическое основание ламинированного типа



IPC 600g 424a

Предпочтительно– класс 1, 2, 3

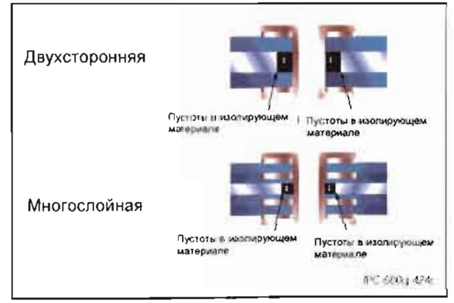
- Изоляционный материал заполняет всю площадь между металлизированным отверстием и металлическим основанием без пустот или участков с отсутствующей изоляцией



IPC 600g 424b

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Изоляционный материал соответствует требованиям на минимальную толщину и минимальный электрический зазор
- Пустоты или выемки смолы не приводят к уменьшению зазора ниже критериев приемки.

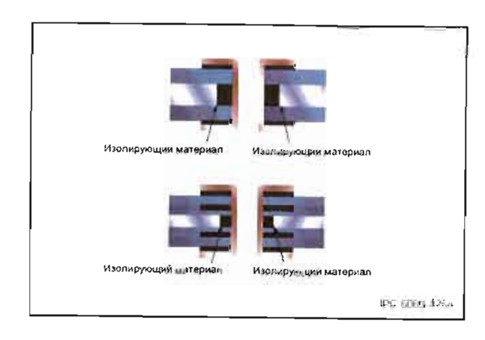


IPC 600g 424c

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

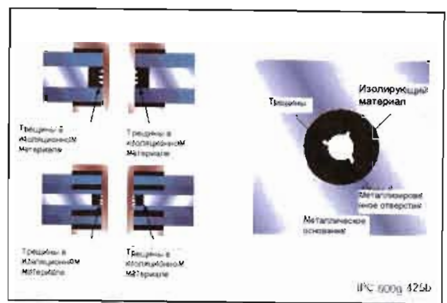
4.2.5 Трещины в заполнении изоляционным материалом, ламинированный тип



IPC 600g 425a

Предпочтительно– класс 1, 2, 3

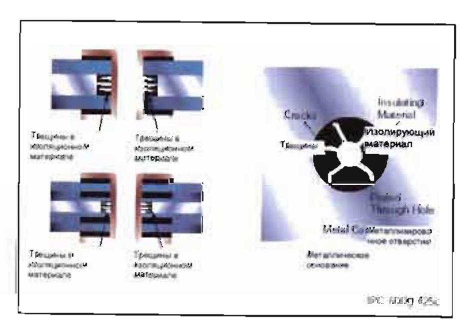
- Нет трещин в заполнении изоляционным материалом.



IPC 600g 425b

Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Затекание припоя, радиальные трещины, боковой зазор или пустоты в заполняющем отверстие изоляционном материале **не должны** уменьшать электрический зазор между соседними проводящими поверхностями до расстояния менее 100 мкм [0.003937 дюйма].
-
- Затекание припоя и/или радиальные трещины **не должны** превышать 75 мкм [0.00295 дюйма] от края металлизировнного отверстия в сторону заполнителя отверстия.

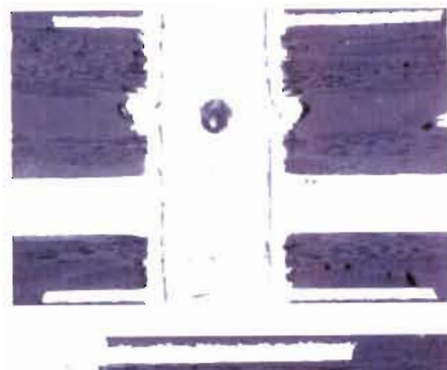


IPC 600g 425c

Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

4.2.6 Связь основания со стенкой металлизированного отверстия



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Плотное соединение с обеих сторон.





Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Разделение соединения не превышает 50% толщины не медного основания Если используется основание с медным покрытием, то **не должно** быть разделения в медной части соединения.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

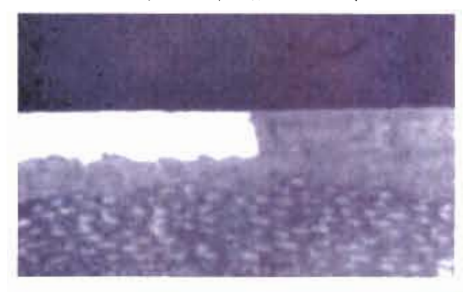
- Дефекты превышают указанные выше критерии

Введение

В данном разделе описаны критерии приемки печатных плат с плоской поверхностью В печатных платах с плоской поверхностью критерии приемки для поверхностей, отверстий и других параметров точно такие, как у стандартных одно- и двусторонних печатных плат В данном разделе описаны дополнительные параметры, которые важны для оценки качества печатных плат с ровной плоской поверхностью.

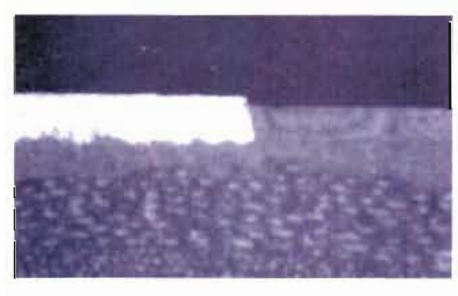
4.3.1 Плоскостность поверхностного проводника

У плоских плат поверхности проводников и материала основания лежать точно в одной плоскости



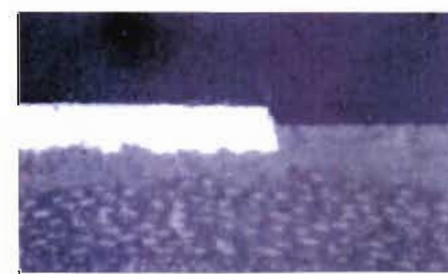
Предпочтительно– класс 1, 2, 3

- Проводник лежит в одной плоскости (заподлицо) с материалом основания или с поверхностью окружающего изоляционного материала



Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Проводник не лежит в одной плоскости, но соответствует минимальным требованиям.



Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

5.0 ПРОВЕРКА ЧИСТОТЫ

Введение

Данный раздел предназначен для того, чтобы читатель лучше понял важность правильного обращения с печатными платами для исключения повреждений и загрязнений во время проверки чистоты

Следующие общие правила позволяют снизить к минимуму загрязнение поверхности при работе с печатными платами.

1 Рабочие места должны содержаться в чистоте и порядке.

2 Запрещены прием пищи, употребление напитков и курение на рабочих местах, а также другие действия, которые могут вызвать загрязнение поверхности плат.

3 Нельзя использовать кремы и мази для рук, содержащие силикон, так как они могут привести к появлению проблем паяемости и других технологических проблем. Имеются лосьоны специального состава.

4 Желательно брать печатные платы только за кромки

5. При работе с печатными платами следует использовать безворсовые хлопковые или одноразовые пластиковые перчатки. Перчатки следует часто заменять, так как грязные перчатки могут стать причиной загрязнения.

6 Если не предусмотрены специальные стойки, то следует избегать штабелирования печатных плат без промежуточного защитного материала.

Проверка чистоты предназначена для определения присутствия органических и неорганических или ионных и неионизируемых загрязнителей.

Ниже приведены примеры загрязнителей, часто встречающихся на печатных платах:

1. Остатки флюса
2. Пылевидные вещества
3. Остатки химических солей
4 Отпечатки пальцев
5 Коррозия (оксиды)
6. Белый налет

Из-за разрушительного действия загрязнителей рекомендуется соблюдать требования к чистоте, регламентированные в действующих документах на поставку

Проводимость растворителя **должна** соответствовать стандарту IPC-6012, если не указано иное Образцы **должны** испытываться на ионное загрязнение согласно методу 2.3.35 или 2 3.36 стандарта IPC-TM-650.

5.1 ИСПЫТАНИЕ НА ПАЯЕМОСТЬ

Введение

В данном разделе описаны методы и требования к испытаниям на паяемость Испытания печатных плат на паяемость обеспечивают проверку состояния печатных плат перед монтажом. Испытания на паяемость выполняются как для поверхности, так и для металлизированных отверстий.

Стандарт ANSI/J-STD-003 подробно описывает различные испытания на паяемость:

Испытание A - Метод погружения края (только для поверхностных проводников и контактных площадок)

Испытание B - Метод погружения с поворотом (для металлизированных отверстий, поверхностных проводников и контактных площадок, сторона пайки платы)

Испытание C - Метод плавающего припоя (для металлизированных отверстий, поверхностных проводников и контактных площадок, сторона пайки платы)

Испытание D - Метод волны припоя (для металлизированных отверстий, поверхностных проводников и контактных площадок, сторона пайки платы)

Вместе с методом испытаний на паяемость пользователь **должен** указать в документации на поставку необходимую стойкость покрытия. Ниже приведены указания по определению нужной степени стойкости покрытия. Данные категории не совпадают классами изделий Ускоренное старение и испытания паяемости **следует** проводить согласно ANSI/J-STD-003

Категории стойкости покрытия·

Категория 1 - Минимальная стойкость покрытия, предназначена для плат, которые будут пропаяны в течение 30 дней с даты изготовления и скорее всего будут подвергаться минимальному тепловому удару.

Категория 2 - Средняя стойкость покрытия, предназначена для плат, которые скорее всего будут храниться до шести месяцев после даты изготовления и скорее всего будут подвергаться умеренному тепловому удару и воздействию припоя

Категория 3 - Максимальная стойкость покрытия, предназначена для плат, которые скорее всего будут долго храниться (свыше шести месяцев) после даты изготовления и скорее всего будут подвергаться сильному тепловому удару и воздействию припоя · Следует иметь в виду, что при заказе плат с таким уровнем стойкости их стоимость может увеличиться, а сроки поставки возрасти

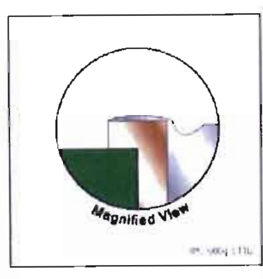
Тест-образцом **должен** быть репрезентативный купон, как описано в IPC-2221, часть испытываемой печатной платы, или вся печатная плата, если позволяют размеры, чтобы можно было достичь глубины погружения, указанной для конкретного метода Пробные отверстия следует выбирать случайным образом

5.1.1 Металлизированные отверстия



Предпочтительно– класс 1, 2, 3

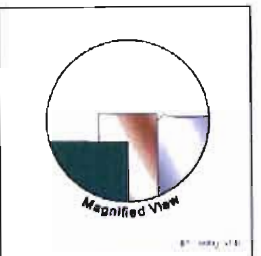
- Припой поднялся во все металлизированные отверстия
- Нет несмоченного или открытого металла основания





Приемлемо – класс 1, 2, 3

- Припой поднялся во все металлизированные отверстия.
- Имеется несколько отверстий с пустотами в припое менее 1.5 мм [0.0591 дюйма] в диаметре.





Недопустимо – класс 1, 2, 3

- Дефекты превышают указанные выше критерии.

Введение

Испытания многослойных плат выполняются по стандартам серии IPC-6010, если иное не указано или не оговорено заказчиком.

Электрическая целостность: Проверка электрической работоспособность многослойных печатных плат заключается в следующем:

a Проверка непрерывности всех электрических проводников

b. Проверка отсутствия коротких замыканий.

Большинство соединений печатной платы находится внутри нее и не могут быть проверены визуально Для определения электрической целостности всех внутренних соединений многослойной печатной платы необходимо выполнить функциональные испытания.

В основном такие функциональные электрические испытания заключаются в проверке наличия электрического соединения между указанными площадками и отсутствия внутренних коротких замыканий между отдельными электрическими цепями и слоями питания и заземления печатной платы Имеются различные методы проведения таких испытаний, начиная от прозвонки вручную до сложных автоматических процедур.

Проверка на обрыв: Для проверки целостности соединений на две площадки, которые должны быть соединены, подается напряжение и проверяется наличие или отсутствие электрического тока. Отсутствие тока указывает на обрыв цепи и наличие дефекта платы. Этот процесс последовательно повторяется, пока не будут проверены все соединения, имеющиеся на данной плате. В некоторых технических условиях указывается минимальный уровень тока при проверке на обрыв цепи.

Проверка внутреннего короткого замыкания: Процедуры проверки отсутствия внутренних коротких замыканий подобны описанным выше процедурам проверки на обрыв цепи. В этом случае напряжение подается на заземляющий слой, слой питания или электрическую цепь и все остальные площадки по очереди проверяются подачей на них напряжения Наличие тока между площадкой под напряжением и проверяемым слоем или цепью указывает на внутреннее короткое замыкание и наличие дефекта Эта процедура повторяется для всех внутренних слоев и цепей и всех контактных площадок на многослойной плате. В некоторых технических условиях требуется проведение проверки на короткие замыкания при подаче высокого напряжения между слоем и контактами, от 250 до 1000 В, (метод проверки высоким потенциалом) и проверка отсутствия пробоя или большой утечки В некоторых технических условиях оговаривается минимальное сопротивление, которое может быть измерено между несоединенными площадками и данным внутренним слоем платы. В этом случае для проверки используется соответствующий мегомметр.